COMUNE DI SIRACUSA

TITOLO PROGETTO:

RIELABORAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO DELL'APPRODO TURISTICO "MARINA DI SIRACUSA" SVILUPPATO SULLA BASE DEI CONTENUTI DEL PROGETTO PRESENTATO E DISCUSSO IN CONFERENZA DEI SERVIZI IN DATA 15.02.2021

Firmato digitalmente da:
PAOLO CALAFIORE

COMMITTENTE

S.P.E.R.O. s.r.l.
Via Elorina 29 - 96100 Siracusa - Italy

PROGETTISTA GENERALE

TEAMNETWORK s.r.l. - Engineering & Management
Via Luigi Spagna 50/L-M, 96100 Siracusa - Italy

TEAMNETWORK TEAM ENGINEERING AND MANAGEMENT

TITOLO ELABORATO:

STUDIO GEOLOGICO TECNICO
E SEDIMENTOLOGICO

Scala

Formato

FILE

PROGETTISTA

Progettista architettonico:
Arch. Mario Rizza
Progettista strutture ed impianti:
Ing. Paolo Calafiore
Geologia e Ambiente:
Dott. G. Bellomo
Dott. G. Anselmo

NUMERO DOCUMENTO

IMM12-08	MdS	PD	REL	SG	09	R0	
JOB N.	COD. 1	COD. 2	COD. 3	COD. 4	COD. 5	REV. n.	

N. REV	DATA	DESCRIZIONE	DRW.	CHK.	APP.

REGIONE SICILIANA

COMUNE DI SIRACUSA

APPRODO E FACILITIES COLLEGATE PER LA QUALIFICAZIONE FUNZIONALE DELL'AFFACCIO A MARE DELL'AREA INDUSTRIALE EX "S.P.E.R.O." - SIRACUSA

Committente: S.P.E.R.O. s.r.l.

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA E SEDIMENTOLOGICA PER IL PROGETTO DEFINITIVO

1. PREMESSE

Su incarico di "S.P.E.R.O. s.r.l." è stato eseguito il presente studio geologico-tecnico e sedimentologico che, in ossequio a quanto descritto nelle normative vigenti in materia (D.M. 14/01/2008), prevede l'esecuzione di tutti i rilievi, le indagini e le prove tecniche necessarie per:

- determinare la costituzione geologica dell'area interessata dal progetto;
- studiarne le caratteristiche geomorfologiche con particolare riguardo alle condizioni di stabilità dei versanti;
- definire l'assetto idrogeologico con riguardo alla circolazione idrica superficiale e sotterranea;
- individuare tutte le problematiche geologico-tecniche che interferiscono con le opere in progetto;

- indicare eventuali opere di consolidamento o presidio per garantire la perfetta efficienza delle opere da realizzare;
- determinare le caratteristiche tecniche dei vari terreni con particolare interesse a quelle che più incidono in questo tipo di progetto.

Lo studio è stato, quindi, articolato come segue:

a) Studio geologico e sedimentologico dell'area interessata comprendente la descrizione delle formazioni geologiche presenti, delle loro caratteristiche litologiche, dei reciproci rapporti di giacitura, dei loro spessori, dei processi sedimentologici caratteristici della baia Porto Grande di Siracusa, nonchè l'indicazione di tutti i lineamenti tettonici.

b) Studio geomorfologico dell'area interessata comprendente la descrizione dei principali lineamenti morfologici, degli eventuali fenomeni di erosione e dissesto, dei principali processi indotti da antropizzazione.

c) Studio idrogeologico dell'area interessata comprendente la descrizione dei lineamenti essenziali sulla circolazione idrica superficiale e sotterranea in relazione alla loro interferenza con le problematiche geotecniche, allo smaltimento delle acque dilavanti, alla protezione delle falde idriche, alla valutazione della loro potenzialità ed all'individuazione delle aree soggette ad esondazione.

d) Studio delle pericolosità geologiche dell'area interessata comprendente tutto quanto necessario ad evidenziare le aree interessate da "pericolosità geologiche" quali frane, colate, crolli, erosioni, esondazioni, liquefazione dei terreni, vulnerabilità degli acquiferi rappresentando, cioè, un'attenta analisi ed interpretazione degli studi precedenti.

e) Studio della pericolosità sismica locale comprendente l'esecuzione di specifiche indagini sismiche atte a evidenziare le aree con particolari problematiche sismiche e tali da poter provocare fenomeni di amplificazione, liquefazione, cedimenti ed instabilità.

Da quanto detto prima si evince che in una prima fase il nostro lavoro è stato organizzato eseguendo numerosi sopralluoghi finalizzati allo studio di una zona più vasta rispetto a quella direttamente interessata dal progetto per inquadrare, in una più ampia visione geologica, la locale situazione geostrutturale.

Nostro interesse era, inoltre, quello di definire l'habitus geomorfologico e l'assetto idrogeologico concentrando la nostra attenzione sulle condizioni di stabilità dei versanti, sullo stato degli agenti morfogenetici attivi e sulla presenza e profondità di eventuali falde freatiche.

Per la caratterizzazione della serie stratigrafica locale e fisico-meccanica dei terreni che costituiscono l'area direttamente interessata, in questa fase di studio, sono stati eseguiti:

- n. 13 sondaggi meccanici a carotaggio continuo denominati "SG1, SG2, SG3, SG4, SG5, SG6, SG7, SG8, SG9, SG10, SG11, SG12, SG13", di profondità variabile tra 29.50 mt. e 53 mt.;
- n. 66 prove SPT eseguite durante i sondaggi precedentemente indicati;
- prove di laboratorio su n. 48 campioni indisturbati prelevati durante l'esecuzione dei sondaggi precedentemente indicati;
- indagini sismiche e granulometriche.

I dati acquisiti con la campagna di indagini appositamente programmata per il presente lavoro sono stati integrati dai risultati di n. 3

sondaggi meccanici a carotaggio continuo denominati "S1A", "S2A" ed "S3A", realizzati sempre dal sottoscritto nell'ambito del progetto di "Riqualificazione e riuso a complesso turistico ricettivo dell'ex area industriale S.P.E.R.O." e le relative prove in situ ed in laboratorio.

Alla presente relazione si allegano i seguenti elaborati:

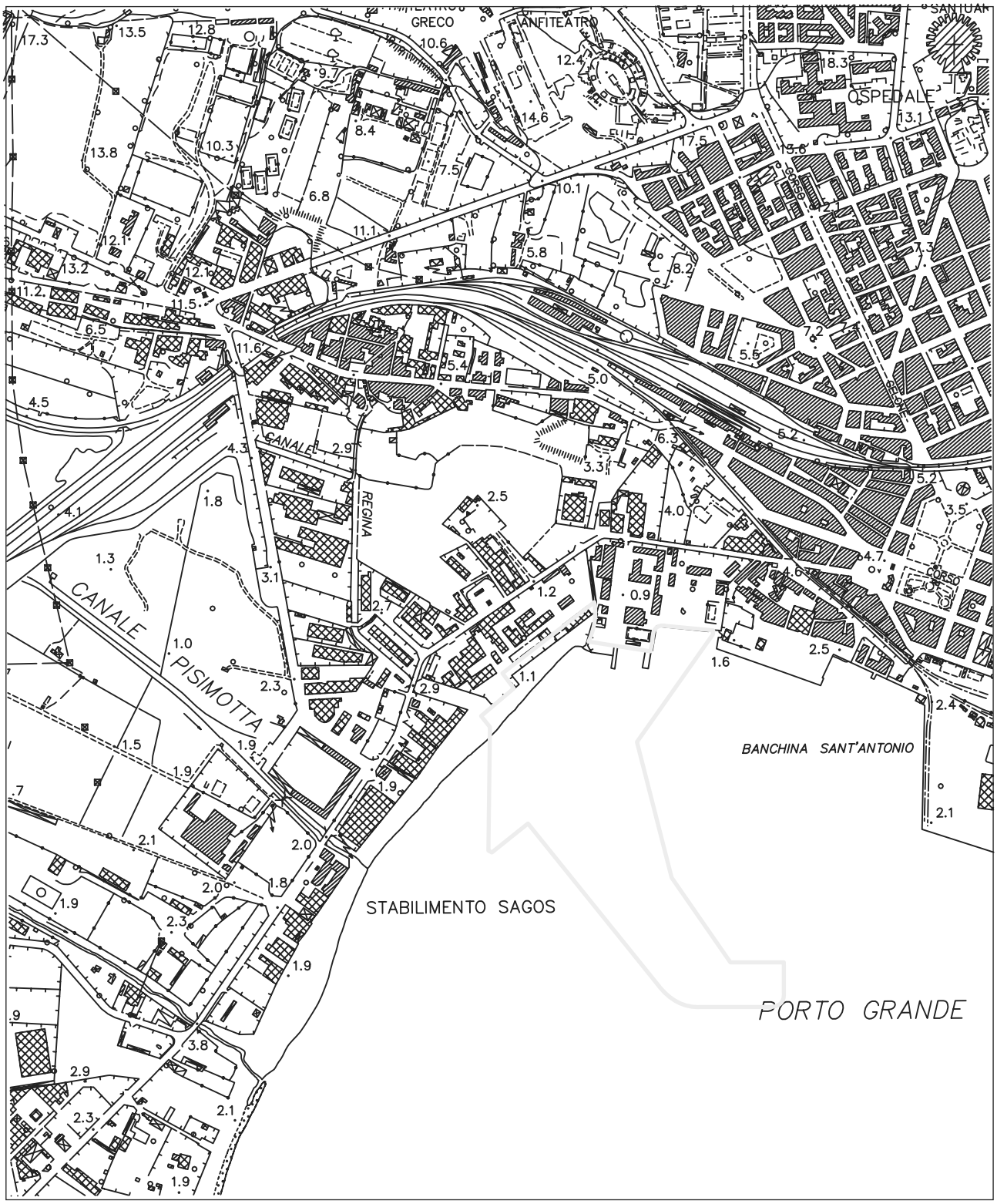
- corografia in scala 1/10.000;
- carta geologica in scala 1/5.000;
- carta geomorfologica ed idrogeologica in scala 1/5.000;
- n. 4 stralci delle carte del dissesto e del rischio - "Area territoriale tra il bacino del fiume San Leonardo ed il bacino del fiume Anapo (092)" relative al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatte dall'A.R.T.A. nel 2005;
- n. 1 planimetria schematica con l'ubicazione dei sondaggi geognostici "S1, S2 ed S3" a carotaggio continuo in nostro possesso eseguiti nell'area a terra prospiciente a quella interessata dal presente progetto e con l'ubicazione dei sondaggi geognostici denominati "SG1, SG2, SG3, SG4, SG5, SG6, SG7, SG8, SG9, SG10, SG11, SG12, SG13" eseguiti per il presente studio;
- n. 3 colonne stratigrafiche dei sondaggi geognostici "S1, S2 ed S3" effettuati dal sottoscritto nell'area a terra prospiciente l'area interessata dal presente progetto con la relativa documentazione fotografica;
- n. 13 colonne stratigrafiche dei sondaggi geognostici denominati "SG1, SG2, SG3, SG4, SG5, SG6, SG7, SG8, SG9, SG10, SG11, SG12, SG13" eseguiti per il presente studio con la relativa documentazione fotografica;

- elaborati interpretativi delle prove S.P.T. eseguite nell'area a terra prospiciente l'area interessata dal presente progetto;
- elaborati relativi ai sondaggi sismici in foro e tromografici nell'area a terra prospiciente l'area interessata dal presente progetto;
- documentazione fotografica dei sondaggi sismici in foro e tromografici eseguiti nell'area a terra prospiciente l'area interessata dal presente progetto.

Allegati fuori relazione:

1) elaborati delle prove geotecniche in laboratorio delle prove eseguite sui campioni prelevati nell'area a terra prospiciente quella interessata dal presente progetto;
2) elaborati delle prove eseguite in laboratorio per il presente studio.

COROGRAFIA



Scala 1/10.000

Area in studio

2. CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE E SEDIMENTOLOGICHE

Lo studio del contesto geologico e sedimentologico, di insieme e di dettaglio, è stato affrontato conducendo inizialmente la necessaria ricerca bibliografica sulla letteratura geologica esistente, la raccolta ed il riesame critico dei dati disponibili, nonché utilizzando i numerosi dati relativi ad indagini geognostiche eseguite dal sottoscritto nell'area direttamente interessata dal progetto, nell'area attigua, nonchè lavori eseguiti da altri colleghi nelle vicinanze.

La baia del Porto Grande di Siracusa è un golfo molto stretto delimitato dall'isola di Ortigia a Nord e dalla penisola della Maddalena a Sud, si trova lungo la costa orientale dell'altopiano Ibleo il cui substrato geologico è caratterizzato da successioni carbonatiche terziarie contenenti intrusioni laviche d'età cretacea, con una giacitura di tipo tabulare su cui si sono depositati i depositi terrigeni plio-pleistocenici e recenti.

L'insieme dei terreni presenti, delle relative aree di affioramento e dei rapporti stratigrafici e strutturali è riportato nella carta geologica allegata al presente studio.

I tipi litologici affioranti nell'area studiata sono riferibili ad un ampio periodo di tempo che va dal Pliocene all'Attuale e distinguiamo dall'alto verso il basso: a) Depositi marini recenti (Attuale); b) Depositi palustri (Attuale); c) Depositi alluvionali recenti (Attuale); d) Depositi marini terrazzati (Pleistocene medio-sup.); e) Argille grigio-azzurre (Pliocene medio-sup.).

a) DEPOSITI MARINI e PALUSTRI RECENTI: i primi sono i depositi che costituiscono i fondali interessati dalle opere, mentre i secondi

affiorano nell'area prospiciente a terra. Sono costituiti prevalentemente da sabbie limose, limi e limi sabbiosi, saturi, con intercalazioni di sabbie, calcareniti tenere e ghiaie localizzate prevalentemente nella zona di passaggio con il substrato argilloso di base.

Si presentano di colore grigio scuro e nerastro, saturi e dotati di una elevata plasticità.

b) DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI: si tratta di depositi prevalentemente sabbiosi (sabbie eolaniche) e sabbio-limosi con inclusi ciottoli arrotondati di natura calcarea di dimensioni delle ghiaie.

Si trovano, inoltre, interdigitati livelli riferibili ai depositi palustri con frequenti passaggi laterali e verticali.

c) DEPOSITI MARINI TERRAZZATI: sono di origine marina, di colore giallo ocra, si presentano omogenei da un punto di vista della granulometria che è riferibile alle sabbie medie ma sono eterogenee rispetto al grado di cementazione. Ritroviamo, infatti, terreni totalmente incoerenti che si alternano a rocce coerenti tenere a diverso grado di cementazione.

Al loro interno si può riscontrare la presenza di conglomerati e ghiaie poligeniche.

d) ARGILLE: si tratta di argille ed argille marnose talora siltose a stratificazione indistinta contenenti microfauna a Globorotalia aemiliana e puncticulata.

Si presentano di colore nocciola (frazione alterata) e grigio azzurro (frazione inalterata), da poco consistenti a mediamente consistenti in base al grado di alterazione. Pur non affiorando nell'area in studio, costituiscono il terreno di base su cui poggiano i terreni più recenti.

Per quanto riguarda l'aspetto sedimentologico, lo studio è stato condotto tramite ricerca bibliografica ed analizzando i risultati di un gran numero di analisi granulometriche e mineralogiche eseguite dal sottoscritto per il presente progetto e da enti di ricerca pubblici, nonchè da altri professionisti per altri lavori all'interno della baia del Porto Grande di Siracusa.

Sulla scorta dei dati in nostro possesso possiamo dire che i processi sedimentologici all'interno della baia sono governati prevalentemente dagli afflussi idrici e di materiale solido trasportato dal sistema Anapo-Ciane-Mammaiabica che sfociando all'interno della baia impone alle correnti marine un flusso prevalente in direzione Nord-Nord-Est depositando la componente grossolana dei sedimenti fluviali, prevalentemente ghiaie e sabbie grossolane, nelle immediate vicinità della foce, mentre la componente più fina, prevalentemente sabbie fini, limi sabbiosi e limi a distanze via via crescenti con il diminuire delle dimensioni delle particelle.

Le correnti marine rimescolano solo parzialmente i sedimenti, che mantengono una disposizione planimetrica a ventaglio con asse decentrato verso l'abitato di Siracusa.

Questa particolare situazione morfologica determina il fatto che il nostro sito, vista la notevole distanza dalla foce e considerato che si trova lungo l'asse tra la foce del Fiume Anapo ed Ortigia, sia caratterizzato da depositi prevalentemente fini con spessori notevoli che raggiungono anche i 50 mt.

Siamo, quindi, in un ambiente sedimentologico caratterizzato da basso dinamismo.

In questo senso i modesti impluvi che hanno recapito all'interno della baia non hanno influenza particolare sulla dinamica sedimentologica del sito sia per le modeste portate idriche, sia per il modesto trasporto solido ad essi riconducibile.

Da un punto di vista mineralogico i sedimenti presenti nel sito sono prevalentemente di natura carbonatica sia la frazione grossolana e sabbiosa, mentre la frazione fina è data da materiali lateritici ed argillosi e da una notevole quantità di sostanza organica in fase di avanzata decomposizione.

Infine, per individuare le classi granulometriche dei depositi che costituiscono la spiaggia prospiciente l'area a mare, sono stati prelevati n. 2 campioni superficiali denominati P1 e P2 su cui sono state effettuate le analisi granulometriche.

Dai risultati ottenuti in laboratorio, visibili in allegato, si evince che per il campione P1 è stato ottenuto D50 = 0.10 mm, mentre per il campione P2 è risultato D50 = 0.15 mm.

CARTA GEOLOGICA

Scala 1/5.000

- Terreno di riporto
- Depositi marini recenti
- Depositi palustri
- Depositi marini terrazzati

3. CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Da un punto di vista geomorfologico l'area è costituita da un paesaggio molto regolare contraddistinto da una estesa pianura alluvionale legata alla foce dei Fiumi Anapo e Ciane che si inserisce in un contesto morfologico dominato da terrazzi marini a varie quote.

Le condizioni di stabilità del territorio emerso sono ottime in relazione al fatto che ci troviamo in aree praticamente pianeggianti, alla favorevole giacitura dei terreni presenti, nonchè alla mancanza assoluta di agenti geodinamici che possano in futuro turbare il presente equilibrio.

Quanto detto prima è confermato dal Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall'A.R.T.A. (Servizio 4 "Assetto del Territorio e Difesa del Suolo") nell'anno 2005 che esclude tale area da qualunque fenomenologia di dissesto e rischio come si evince dalle carte allegate ed in particolare:

- Carta dei dissesti n° 19 "Area territoriale tra il bacino del fiume San Leonardo ed il bacino del fiume Anapo (092)";
- Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico n° 19 "Area territoriale tra il bacino del fiume San Leonardo ed il bacino del fiume Anapo (092)".

Inoltre, non si riscontrano problematiche dal punto di vista idraulico, infatti, l'area in studio non è inserita tra le aree a pericolosità o a rischio idraulico per cause naturali come si evince dalle carte allegate ed in particolare:

- Carta del rischio idraulico per fenomeni di esondazione n° 19 "Area territoriale tra il bacino del fiume San Leonardo ed il bacino del fiume Anapo (092)";
- Carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione n° 19 "Area territoriale tra il bacino del fiume San Leonardo ed il bacino del fiume Anapo (092)".

Si mette, però, in evidenza che l'area in studio si trova all'interno di una zona indicata come "Sito di attenzione" che, pur non comportando alcun elemento di rischio, sarà oggetto delle necessarie verifiche idrauliche da parte dell'A.R.T.A. in una successiva fase di approfondimento del P.A.I.

In questa fase, quindi, si è reso necessario eseguire uno studio idraulico, allegato al progetto, sui canali Regina, Pisimotta, Grimaldi e Scandurra presenti all'interno del sito, da cui si evince la totale assenza di qualunque elemento di rischio e pericolosità idraulica.

Dall'analisi della carta batimetrica, data dalle risultanze delle indagini eseguite a mare per il presente lavoro, si evince che il fondale marino che sarà interessato dalle opere in progetto si presenta debolmente inclinato verso il largo e caratterizzato da un dislivello pari a circa 5.5 m per i primi 430 m dalla linea di costa.

A questa progressiva si nota una netta rottura di pendenza pari ad un dislivello di circa 3 m alla base del quale il fondale risulta essere sub-pianeggiante. Ciò è l'effetto di opere di dragaggio del fondale eseguite tempo fa da parte degli enti pubblici. Anche il gradino morfologico artificialmente realizzato, comunque, non manifesta fenomeni di dissesto geodinamico ad ulteriore conferma che ci troviamo in ambiente a basso dinamismo.

Da quanto detto si evince che non ci sono problemi dal punto di vista geomorfologico che ostino alla realizzazione del progetto.

Da un punto di vista della permeabilità delle rocce, sulla base dei dati raccolti in campagna (stratificazione, fessurazione, granulometria dei sedimenti detritici, cementazione ad opera, densità del reticolo idrografico superficiale), le rocce che costituiscono la parte a terra sono state raggruppate in categorie che tengono conto del tipo e del grado di permeabilità.

Sono state individuate due categorie di rocce: a) Rocce a permeabilità da media ad alta per porosità; b) Rocce impermeabili.

a) ROCCE PERMEABILI PER POROSITA': Sono state comprese in questa categoria le rocce che presentano pori di ampiezza tale da permettere l'infiltrazione delle acque meteoriche e sono sagge. La velocità di infiltrazione dipende dalla quantità della frazione sabbiosa all'interno dei depositi che, dai dati acquisiti, risulta essere molto variabile.

Presentano una permeabilità di questo tipo le alluvioni recenti, i depositi terrazzati ed i depositi palustri.

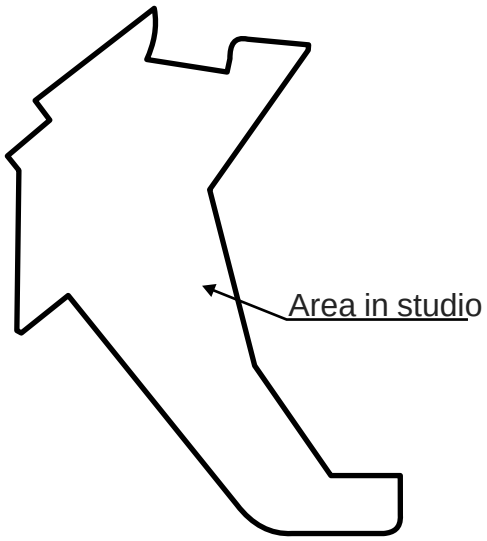
b) ROCCE IMPERMEABILI: Questa categoria comprende quelle rocce che presentano fessure o pori di piccole dimensioni.

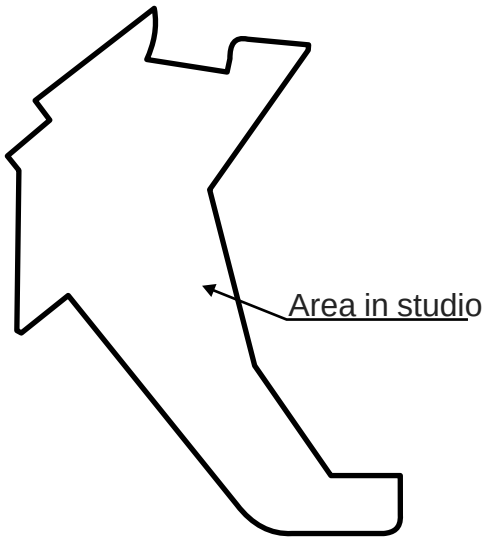
In queste rocce l'infiltrazione si esplica tanto lentamente da essere considerate praticamente impermeabili. Comprendiamo in questa categoria i litotipi del complesso argilloso, che non affiorano in zona ma sono stati rinvenuti durante l'esecuzione dei sondaggi e costituiscono il substrato impermeabile. Questi terreni si presentano, però, saturi e con un elevatissimo contenuto d'acqua.

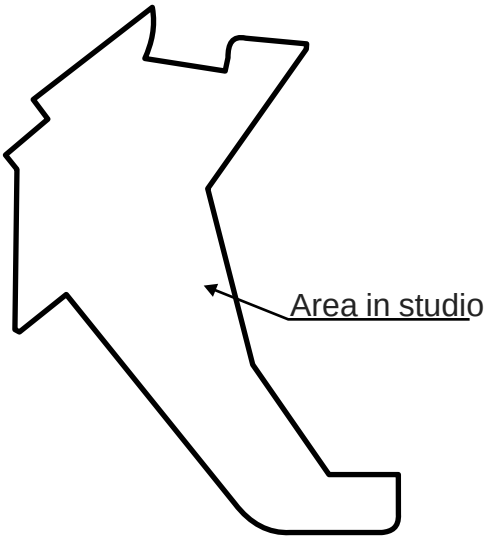
CARTA GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

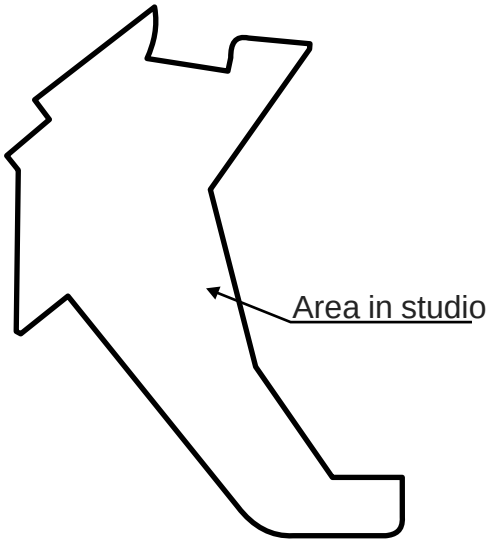
Scala 1/5.000

Rocce permeabili per porosità - Stabili


Area in studio


Area in studio


Area in studio


Area in studio

4. INDAGINI ESEGUITE ED UTILIZZATE

Per la redazione del presente studio è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche e geotecniche di seguito riassunte.

Inoltre utilizzati i dati di n. 3 sondaggi geognostici denominati "S1, S2 ed S3" e le relative prove geotecniche in situ eseguite dal sottoscritto nell'area a terra per il "Progetto di qualificazione e riuso a complesso turistico ricettivo dell'ex area industriale S.P.E.R.O.".

In allegato sono visibili i moduli stratigrafici che riportano gli spessori dei terreni riscontrati.

4.1 Indagini geognostiche eseguite per il presente progetto

La campagna geognostica si è sviluppata nel modo seguente:

- n. 13 sondaggi meccanici a carotaggio continuo spinti ad una profondità massima di mt. 53;
- prelievo di 48 campioni indisturbati;
- n. 66 prove dinamiche discontinue (SPT) in foro.

Le carote estratte durante le perforazioni sono state alloggiate in apposite cassette catalogatrici (vedi foto allegate) e custodite all'interno di un manufatto di proprietà del committente nell'area prospiciente a terra.

Vengono di seguito riportati in dettaglio i dati emersi nel corso dei lavori e le caratteristiche dei mezzi impiegati.

La campagna d'indagini geognostiche, come su riportata, è stata eseguita in ottemperanza alle disposizioni riportate nelle Norme Tecniche del D.M. 11/03/88 e del D.M. 14/01/2008 ed è stata finalizzata a:

- ricostruire la stratigrafia di dettaglio;
- definire l'assetto geologico profondo della zona di progetto;

- caratterizzare da un punto di vista geologico-tecnico il substrato interessato delle opere di progetto.

Le perforazioni sono state eseguite mediante macchine perforatrici munite di centralina integrata e operanti a rotazione ed avanzamento oleodinamico, aventi le seguenti caratteristiche:

1) Perforatrice Idraulica EGT Mod. MD 710.3:
   - Coppia testa di rotazione 1500 Kgm;
   - Giri testa di rotazione 0 – 360 min.;
   - Tiro – Spinta 6.000 Kg.

Le perforazioni sono state eseguite adottando la tecnica della conservazione del nucleo per tutto lo spessore indagato, con l'ausilio di tubi carotieri semplici aventi diametro esterno pari 101,6 mm e diametro interno pari a 88,8 mm con lunghezza 3,00 e 6,00 metri; tutte le manovre sono state eseguite con l'ausilio di aste di perforazione di diametro 76 mm, lunghezza 3,00 metri.

La stabilizzazione delle pareti del foro è stata ottenuta mediante l'uso di tubazione di rivestimento di acciaio di spessore standard.

Tutti i dati relativi a ciascuno dei sondaggi geognostici eseguiti sono riportati in dettaglio, in appositi moduli stratigrafici, contenenti i seguenti dati:

- profondità;
- scala di rappresentazione;
- spessore degli strati;
- simbolo grafico;
- descrizione stratigrafica;
- profondità di prelievo dei campioni;

‰ profondità delle prove SPT.

4.2 Indagini geognostiche eseguite nell'area a terra

La campagna geognostica si è sviluppata nel modo seguente:

- n. 3 sondaggi meccanici a carotaggio continuo della profondità pari a mt. 30;
- n. 1 piezometro a tubo aperto;
- prelievo di 4 campioni indisturbati;
- prelievo di 13 campioni rimaneggiati;
- n. 13 prove dinamiche discontinue (SPT) in foro;
- n. 1 prova dinamica continua (SCPT) in foro.

Le carote estratte durante le perforazioni sono state alloggiate in apposite cassette catalogatrici e custodite all'interno di un manufatto di proprietà del committente.

Vengono di seguito riportati in dettaglio i dati emersi nel corso dei lavori e le caratteristiche dei mezzi impiegati.

La campagna d'indagini geognostiche, come su riportata, è stata eseguita in ottemperanza alle disposizioni riportate nelle Norme Tecniche del D.M. 11/03/88 e del D.M. 14/01/2008 ed è stata finalizzata a:

- ricostruire la stratigrafia di dettaglio;
- definire l'assetto geologico profondo dell'area;
- accertare l'eventuale presenza di falde freatiche nei terreni interessati;
- caratterizzare da un punto di vista geologico-tecnico il substrato geologico presente.

Le perforazioni sono state eseguite mediante macchina perforatrice munita di centralina integrata e operante a rotazione ed avanzamento oleodinamico, aventi le seguenti caratteristiche:

- Perforatrice Idraulica Fr. Mori Mod. TR 80:
  - Coppia testa di rotazione 920 Kgm;
  - Giri testa di rotazione 0-360 min.;
  - Tiro – Spinta 3.500 Kg.

Le perforazioni sono state eseguite adottando la tecnica della conservazione del nucleo per tutto lo spessore indagato, con l'ausilio di tubi carotieri semplici, aventi diametro esterno pari 101,6 mm e diametro interno pari a 88,8 mm con lunghezza 2,00 e 3,00 metri; tutte le manovre sono state eseguite a secco, con l'ausilio di aste di perforazione di diametro 76 mm, lunghezza 1,50 metri.

La stabilizzazione delle pareti del foro è stata ottenuta mediante l'uso di tubazione di rivestimento di acciaio di spessore standard.

Tutti i dati relativi a ciascuno dei sondaggi geognostici eseguiti sono riportati in dettaglio, in appositi moduli stratigrafici allegati, contenenti i seguenti dati:

- profondità;
- scala di rappresentazione;
- spessore degli strati;
- simbolo grafico;
- descrizione stratigrafica;
- profondità di prelievo dei campioni;
- profondità delle prove SPT;
- presenza di falda acquifera;

- rappresentazione schematica del piezometro.

4.3 Standard penetration test

Nel corso dei sondaggi geognostici sono state eseguite, per la caratterizzazione geotecnica numerose prove dinamiche discontinue S.P.T. in foro, alle profondità indicate nei moduli stratigrafici.

4.3.1 Normativa di riferimento

Le prove sono state eseguite in avanzamento, facendo riferimento alla normativa ASTM n° D. 1586/68 (Standard Penetration and Split-Barrel Sampling of Soil).

4.3.2 Attrezzatura utilizzata

Le caratteristiche dell'attrezzatura utilizzata, in conformità alla normativa sopra richiamata, sono le seguenti:

- campionatore tipo Raymond, apribile longitudinalmente, diametro N est 50.0 mm e N int 35.0 mm, lunghezza utile 630 mm, munito di valvola a sfera alla sommità e con utensile di avanzamento costituito da scarpa a punta conica, in funzione della composizione granulometrica dei livelli attraversati;
- massa battente di peso pari a 63.5 Kg, con l'altezza di caduta uguale a 762 mm, munita di dispositivo automatico di sganciamento;

- aste collegate al campionatore aventi peso pari a 6.5 Kg/ml;
- centratore di guida e di irrigidimento installato tra la testa di battuta in sommità e il piano di campagna;
- differenza fra il diametro esterno delle aste e il diametro della tubazione di rivestimento non superiore a 60 mm.

4.3.3 Metodologia di esecuzione

Le prove SPT consistono nell'infiggere nel terreno alla base del preforo il campionatore per tre tratti consecutivi, ciascuno pari a 15 cm, rilevando il numero di colpi necessario per la penetrazione di ciascun tratto.

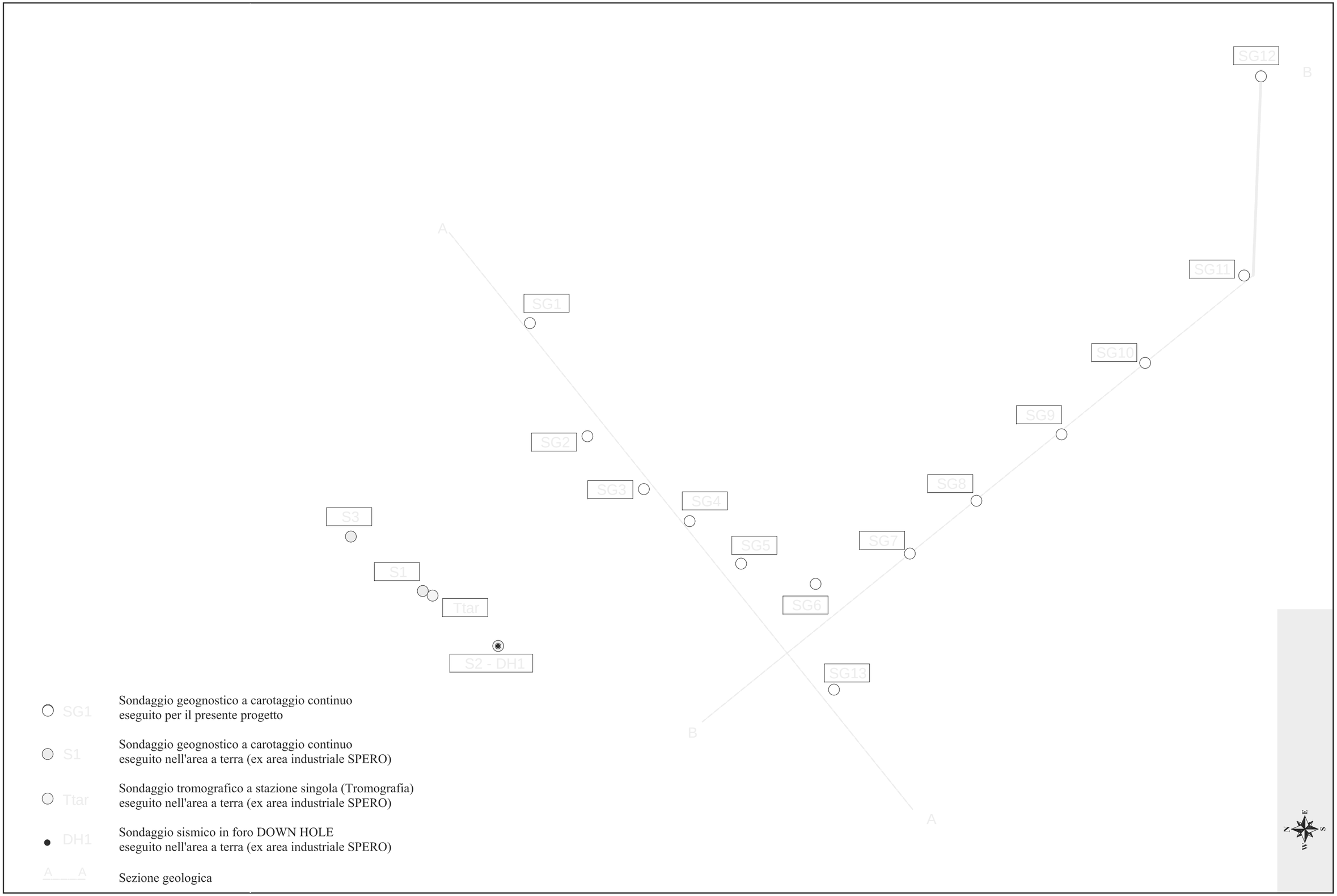
Il valore N, utile ai fini della penetrazione geotecnica, è dato dalla somma dei colpi impiegati per il 2° e il 3° tratto.

La prova può essere sospesa quando il numero dei colpi, per un tratto di 15 cm, superi il valore 50 (Rifiuto); in tale caso si annota la penetrazione in centimetri ottenuta con 50 colpi.

Prima di eseguire ciascuna prova è stata controllata la quota del fondo, confrontandola con quella raggiunta con la manovra di perforazione precedentemente effettuata.

Per evitare che l'attrito tra il terreno e le aste inserite all'interno del foro potesse influenzare il numero reale dei colpi utili per l'infissione, falsando l'interpretazione dei risultati, si è proceduto ad inserire progressivamente i tubi di rivestimento.

PLANIMETRIA SCHEMATICA CON L'UBICAZIONE DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI



SG1 — Sondaggio geognostico a carotaggio continuo eseguito per il presente progetto

S1 — Sondaggio geognostico a carotaggio continuo eseguito nell'area a terra (ex area industriale SPERO)

Ttar — Sondaggio tromografico a stazione singola (Tromografia) eseguito nell'area a terra (ex area industriale SPERO)

DH1 — Sondaggio sismico in foro DOWN HOLE eseguito nell'area a terra (ex area industriale SPERO)

A A — Sezione geologica

TABELLA RIEPILOGATIVA DEI CAMPIONI PRELEVATI E PROVE S.P.T. ESEGUITE PER IL PRESENTE STUDIO (AREA A MARE)

Sondaggio	da mt. a mt.	Campioni	SPT		
			N1	N2	N3
SG1	3,00 - 3,50	C1			
	9,00 – 9,45		1	1	2
	12,00 - 12,50	C2			
	18,00 – 18,45		2	2	3
	29,00 - 29,50	C3			
	32,00 - 32,50	C4			
SG2	4,00-4,50	C1			
	10,00 – 10,45		2	2	4
	16,00-16,50	C2			
	22,00 – 22,45		4	4	6
	24,00 – 24,45		5	5	6
	27,00-27,50	C3			
SG3	2,00-2,50	C1			
	6,00 – 6,45		5	6	6
	11,50 – 11,95		3	4	4
	16,00-16,50	C2			
	21,00 – 21,45		4	5	7
	30,00-30,50	C3			
SG4	2,50-3,00	C1			
	6,00 – 6,45		4	5	6
	9,00 – 9,45		5	5	6
	15,00-15,50	C2			
	19,00 – 19,45		5	6	6
	30,40-30,90	C3			
SG5	4,50-4,90	C1			
	9,00 – 9,45		3	4	5
	11,00-11,50	C2			
	15,00 – 15,45		4	5	5
	19,50 – 19,95		4	5	6
	27,00 – 27,45		5	5	7
	30,50-31,00	C3			
	35,50-36,00	C4			
SG6	4,00-4,50	C1			
	8,00 – 8,45		2	2	3

	15,50-16,00	C2			
	20,00 – 20,45		2	2	3
	25,00 – 25,45		3	4	5
	29,00-29,50	C3			
	36,00-36,50	C4			
	38,50-39,00	C5			
SG7	3,50-4,00	C1			
	9,00 – 9,45		2	2	3
	14,50 – 14,95		2	3	4
	19,50-20,00	C2			
	25,00 – 25,45		7	9	12
	30,00 – 30,45		6	8	12
	35,00 – 35,45		7	9	13
	40,50 – 40,95		10	13	18
	47,50-48,00	C3			
SG8	4,00-4,50	C1			
	7,00 – 7,45		2	2	4
	11,30 – 11,75		2	2	2
	13,00-13,50	C2			
	16,00 – 16,45		1	2	3
	19,50-20,00	C3			
	22,50 – 22,95		5	5	6
	27,00 – 27,45		6	7	11
	31,50 – 31,95		6	9	12
	37,00 – 37,45		9	11	16
	43,00 – 43,45		7	10	13
	48,50 – 48,95		6	10	15
	51,50-52,00	C4			
SG9	3,00-3,50	C1			
	8,00 – 8,45		1	1	2
	12,50 – 12,95		1	2	2
	18,00 – 18,45		2	2	3
	24,00 – 24,45		2	4	5
	26,00-26,50	C2			
	29,00 – 29,45		3	4	6
	34,00 – 34,45		3	3	5
	39,00 – 39,45		6	9	14
	45,00 – 45,45		4	4	6
	50,00 – 50,45		5	7	11

SG10	2,00 – 2,45		1	1	1
	3,50-4,00	C1			
	6,50 – 6,95		1	1	2
	8,50-9,00	C2			
	12,50 – 12,95		1	2	3
	17,00-17,50	C3			
	23,00 – 23,45		3	3	5
	27,00 – 27,45		4	4	4
	33,00 – 33,45		4	4	5
	40,00 – 40,45		5	6	6
	46,00 – 46,45		R		
	51,00-51,50	C4			
SG11	2,00-2,50	C1			
	5,00 – 5,45		1	2	2
	8,00 – 8,45		1	1	2
	11,00 – 11,45		1	2	3
	16,50-17,00	C2			
	21,00 – 21,45		2	2	3
	25,00 – 25,45		3	3	4
	30,00 – 30,45		3	4	4
	35,00 – 35,45		7	9	13
	39,00-39,50	C3			
	43,00 – 43.45		28	R	
	45,50-46,00	C4			
SG12	3,00 – 3,45		2	3	2
	7,00 – 7,45		2	2	2
	10,00-10,50	C1			
	13,00-13,50	C2			
	16,00 – 16,45		3	4	4
	19,00 – 19,45		3	3	5
	25,00-25,50	C3			
	28,00 – 28,50		4	5	5
	30,50-31,00	C4			
SG13	5,00-5,50	C1			
	10,50 – 10,95		3	4	5
	16,00-16,50	C2			
	21,50 – 21,95		3	4	7
	27,00-27,50	C3			
	33,00 – 33,45		5	6	8

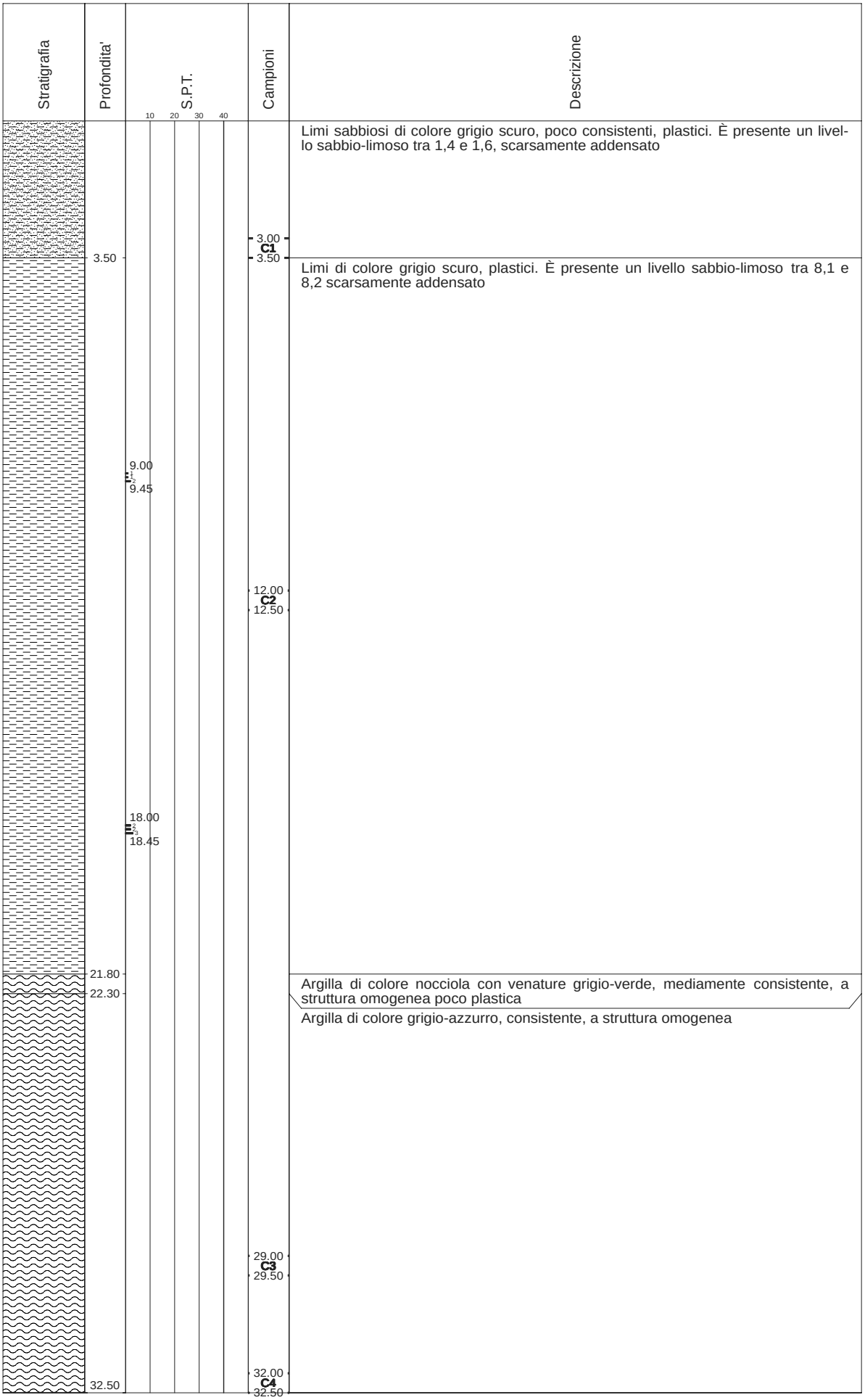
	35,50-36,00	C4			
	38,40-38,90	C5			

TABELLA RIEPILOGATIVA DEI CAMPION I PRELEVATI E PROVE S.P.T. ESEGUITE PER LO STUDIO ESEGUITO NELL'AREA A TERRA (EX AREA INDUSTRIALE S.P.E.R.O.)

Sondaggio	da mt. a mt.	Campioni	SPT		
			N1	N2	N3
S1	3,65 - 3,95		3	3	2
	5,15 – 5,45		4	3	4
	7,00 – 7,45	C1			
	7,65 – 7,95		3	3	4
	10,15 – 10,45		2	4	4
	13,15 – 13,45		2	2	3
	16,35 – 16,80	C2			
	23,60 – 24,00	C3			
	29,50 – 30,00	C4			
S2	1,60 – 1,80	C1			
	3,15 – 3,45		1	4	5
	5,75 – 6,00	C2			
	6,15 – 6,45		2	2	3
	9,15 – 9,45		1	2	3
	10,00 – 10,30	C3			
	12,15 – 12,45		1	2	2
	15,15 – 15,45		2	3	3
	19,15 – 19,45		2	3	4
	22,15 – 22,45		3	3	5
	22,40 – 22,60	C4			
	25,70 – 25,90	C5			
	29,50 – 29,80	C6			
S3	1,50 – 1,90	C1			
	5,00 – 5,50	C2			
	9,15 – 9,45		1	2	2
	12,15 – 12,45		2	2	3
	12,50 – 12,70	C3			
	15,15 – 15,45		2	3	3
	18,30 – 18,50	C4			
	19,15 – 19,45		3	3	4

	23,50 – 23,70	C5			
	29,50 – 29,70	C6			

	Committente: S.P.E.R.O. s.r.l.	SONDAGGIO: SG1	FOGLIO:
	Cantiere: Porto		
	Località: Siracusa (SR)	Il geologo Dr. G. Anselmo	
	Data Inizio: 10/08/2010 Data Fine: 10/08/2010		



Postazione Sondaggio SG 1

Cassetta 1

Cassetta 2

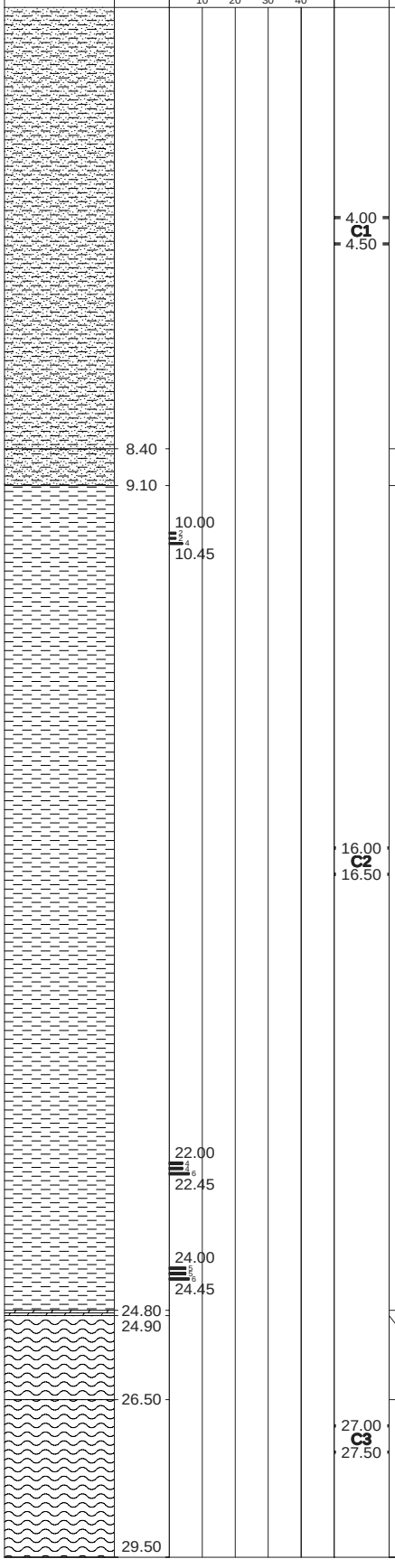
Cassetta 3

Cassetta 4

Cassetta 5

Cassetta 6

	Committente: S.P.E.R.O. s.r.l.	SONDAGGIO: SG2	FOGLIO:
	Cantiere: Porto		
	Località: Siracusa (SR)		
	Data Inizio: 09/08/2010 Data Fine: 09/08/2010	Il geologo Dr. G. Anselmo	



Descrizione

Limi sabbiosi di colore grigio scuro, poco consistenti, plastici. Sporadici livelli sabbio-limosi, scarsamente addensati

Limi debolmente sabbiosi di colore grigio scuro, plastici

Limi di colore grigio scuro, plastici

Calcarenite tenera

Argilla di colore grigio-verde con venature di colore nocciola, mediamente consistente, a struttura omogenea, poco plastica

Argilla di colore nocciola con venature verdastre, mediamente consistente, a struttura omogenea

Postazione Sondaggio SG 2

Cassetta 1

Cassetta 2

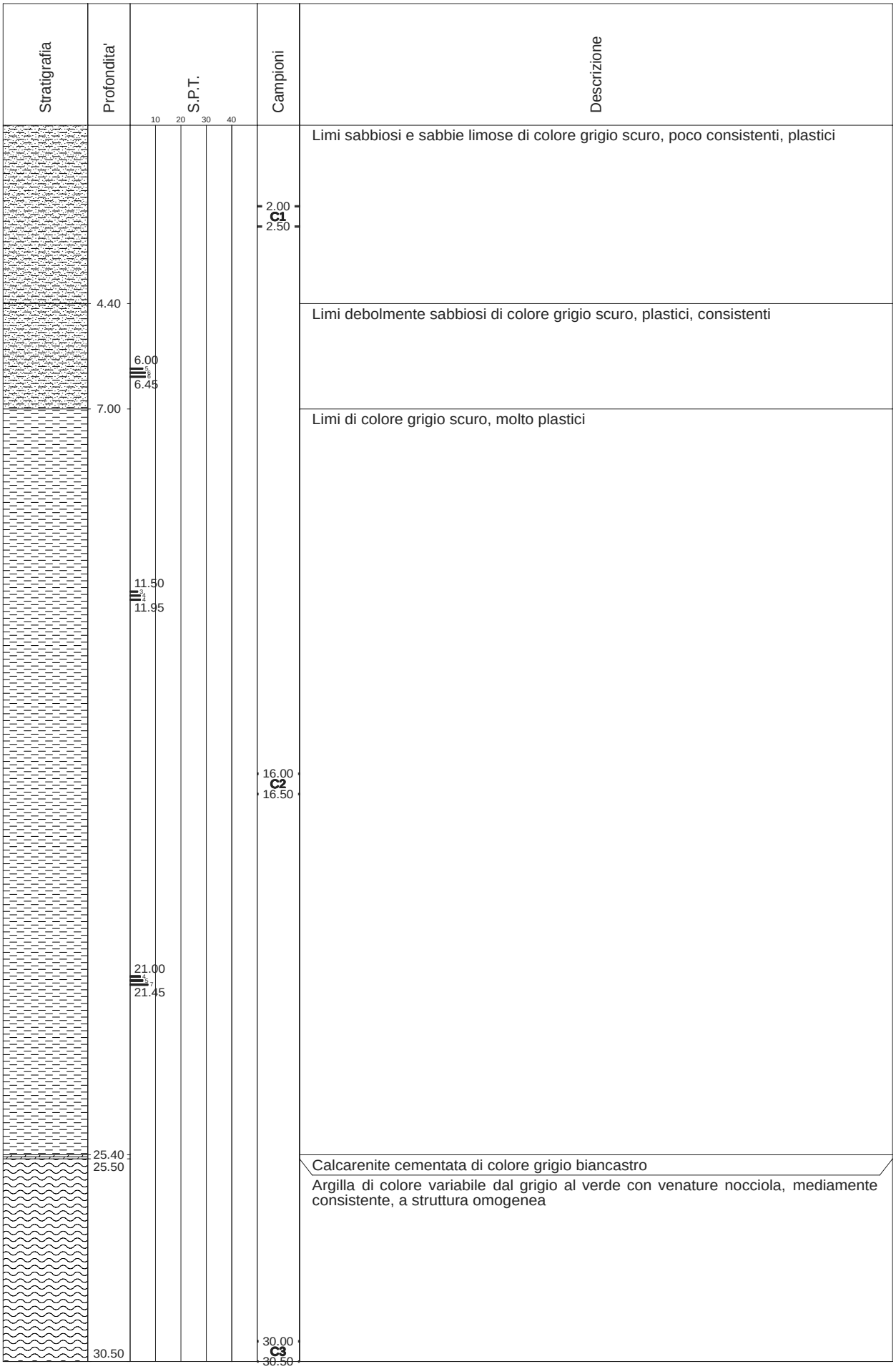
Cassetta 3

Cassetta 4

Cassetta 5

Cassetta 6

	Committente: S.P.E.R.O. s.r.l.	SONDAGGIO: SG3	FOGLIO
	Cantiere: Porto		
	Località: Siracusa (SR)	Il geologo Dr. G. Anselmo	
	Data Inizio: 07/08/2010 Data Fine: 07/08/2010		



Postazione Sondaggio SG 3

Cassetta 1

Cassetta 2

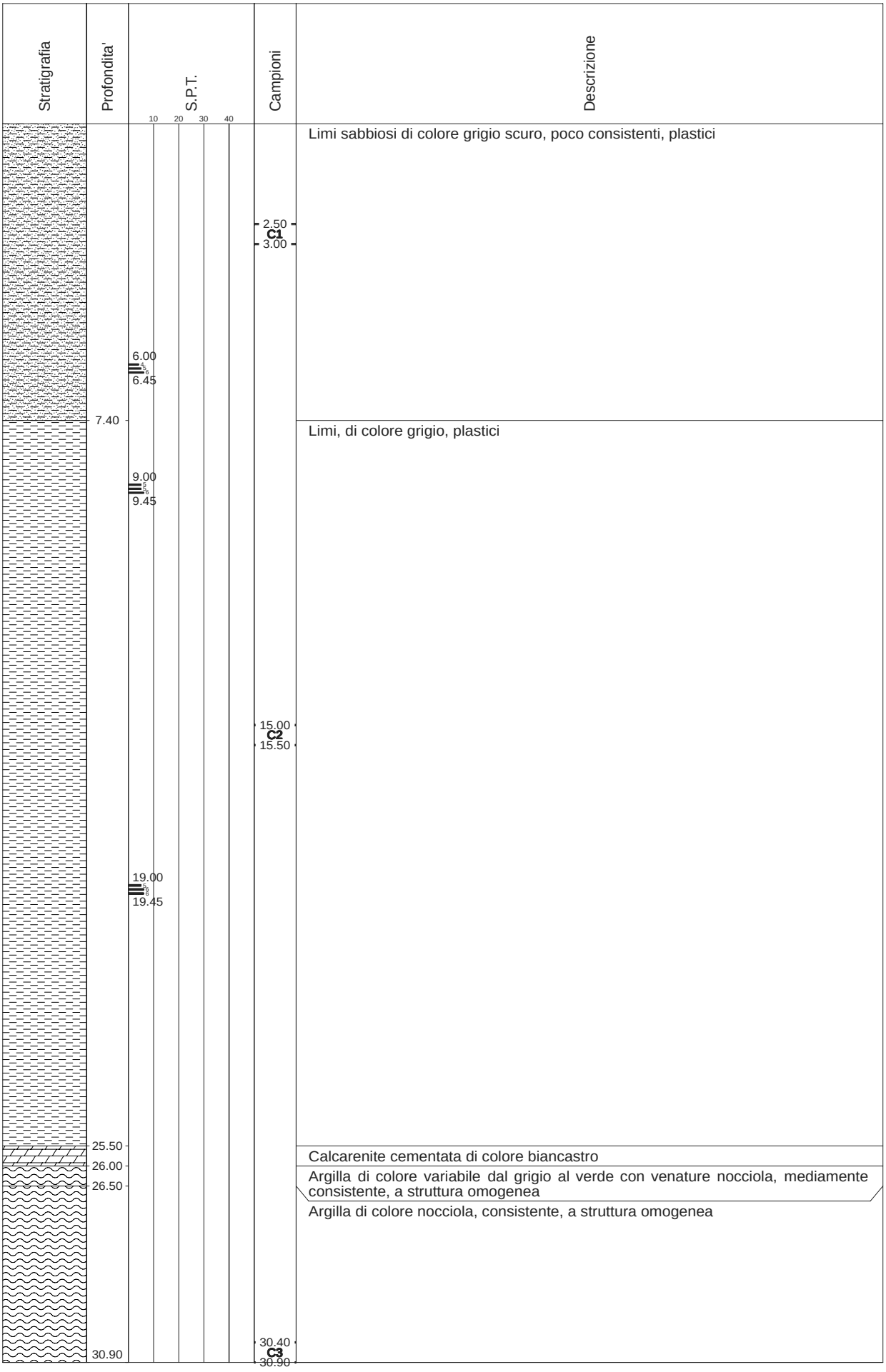
Cassetta 3

Cassetta 4

Cassetta 5

Cassetta 6

	Committente: S.P.E.R.O. s.r.l.	SONDAGGIO: SG4	FOGLIO
	Cantiere: Porto		
	Località: Siracusa (SR)	Il geologo Dr. G. Anselmo	
	Data Inizio: 06/08/2010 Data Fine: 06/08/2010		



Postazione Sondaggio SG 4

Cassetta 1

Cassetta 2

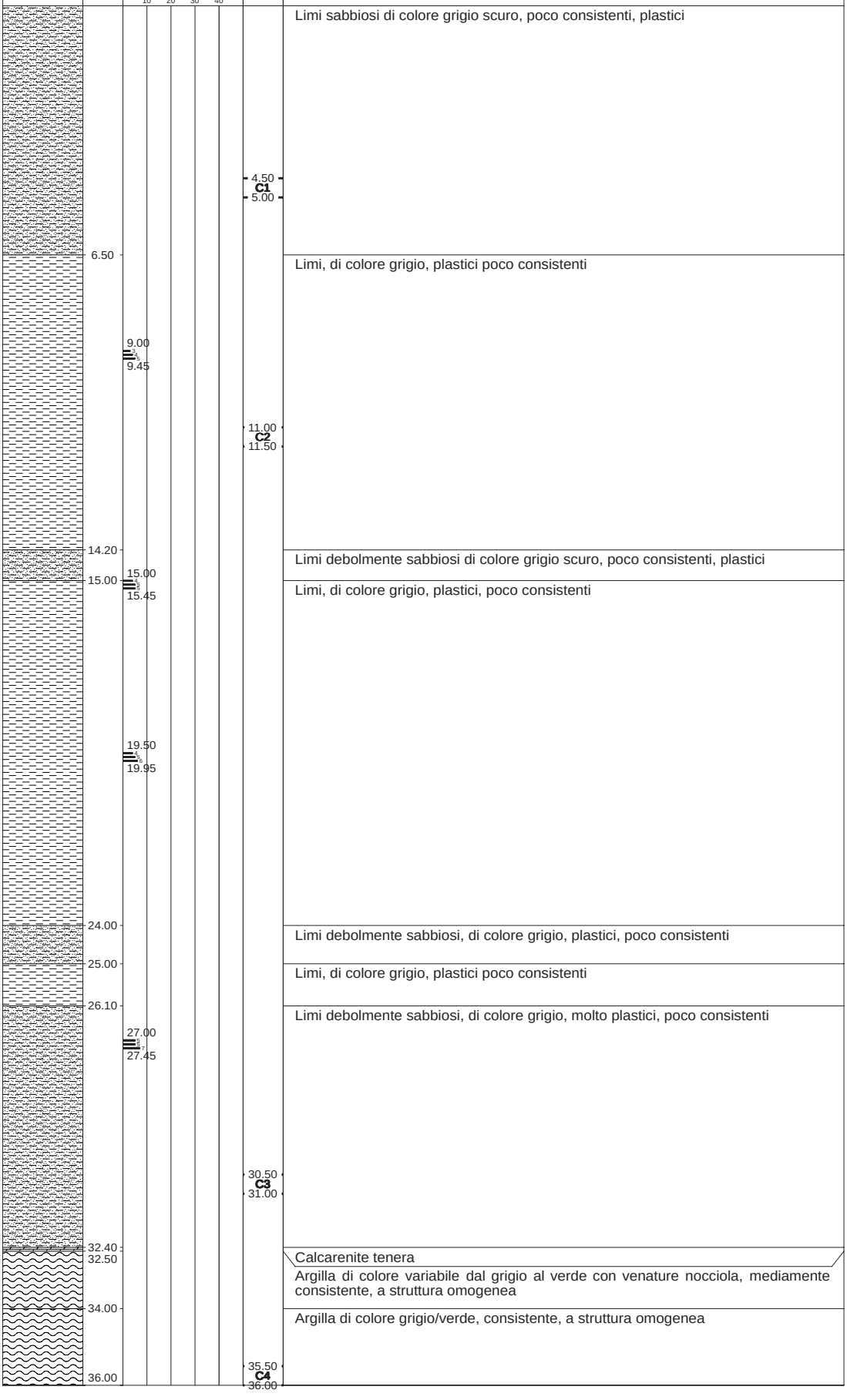
Cassetta 3

Cassetta 4

Cassetta 5

Cassetta 6

	Committente: S.P.E.R.O. s.r.l.	SONDAGGIO: SG5	FOGLIO:
	Cantiere: Porto		
	Località: Siracusa (SR)		
	Data Inizio: 05/08/2010 Data Fine: 05/08/2010	Il geologo Dr. G. Anselmo	



Postazione Sondaggio SG 5

Cassetta 1

Cassetta 2

Cassetta 3

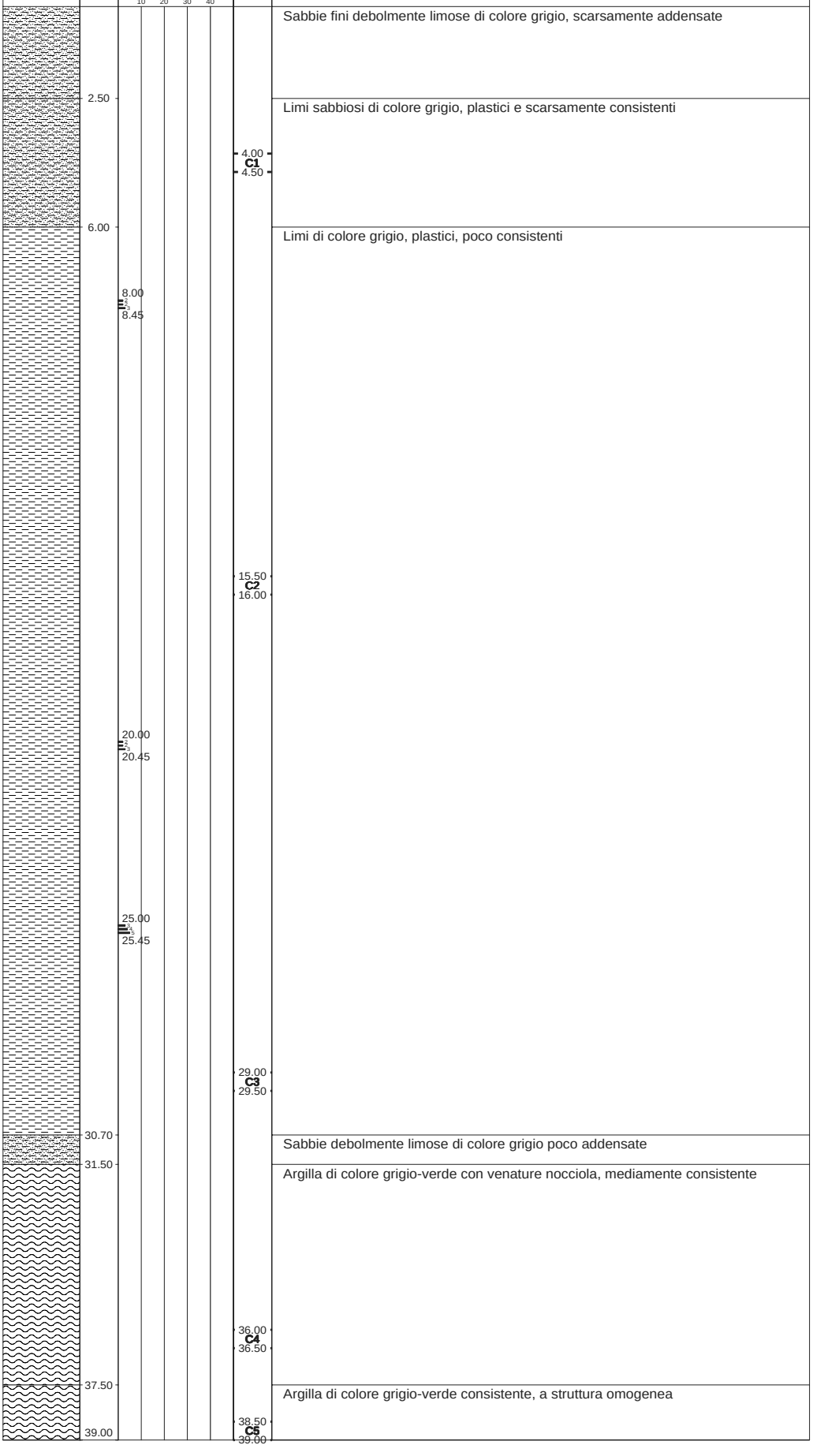
Cassetta 4

Cassetta 5

Cassetta 6

Particolare

	Committente: S.P.E.R.O. s.r.l.	SONDAGGIO: SG6	FOGLIO:
	Cantiere: Porto		
	Località: Siracusa (SR)		
	Data Inizio: 18/08/2010 Data Fine: 18/08/2010	Il geologo Dr. G. Anselmo	



Postazione Sondaggio SG 6

Cassetta 1

Cassetta 2

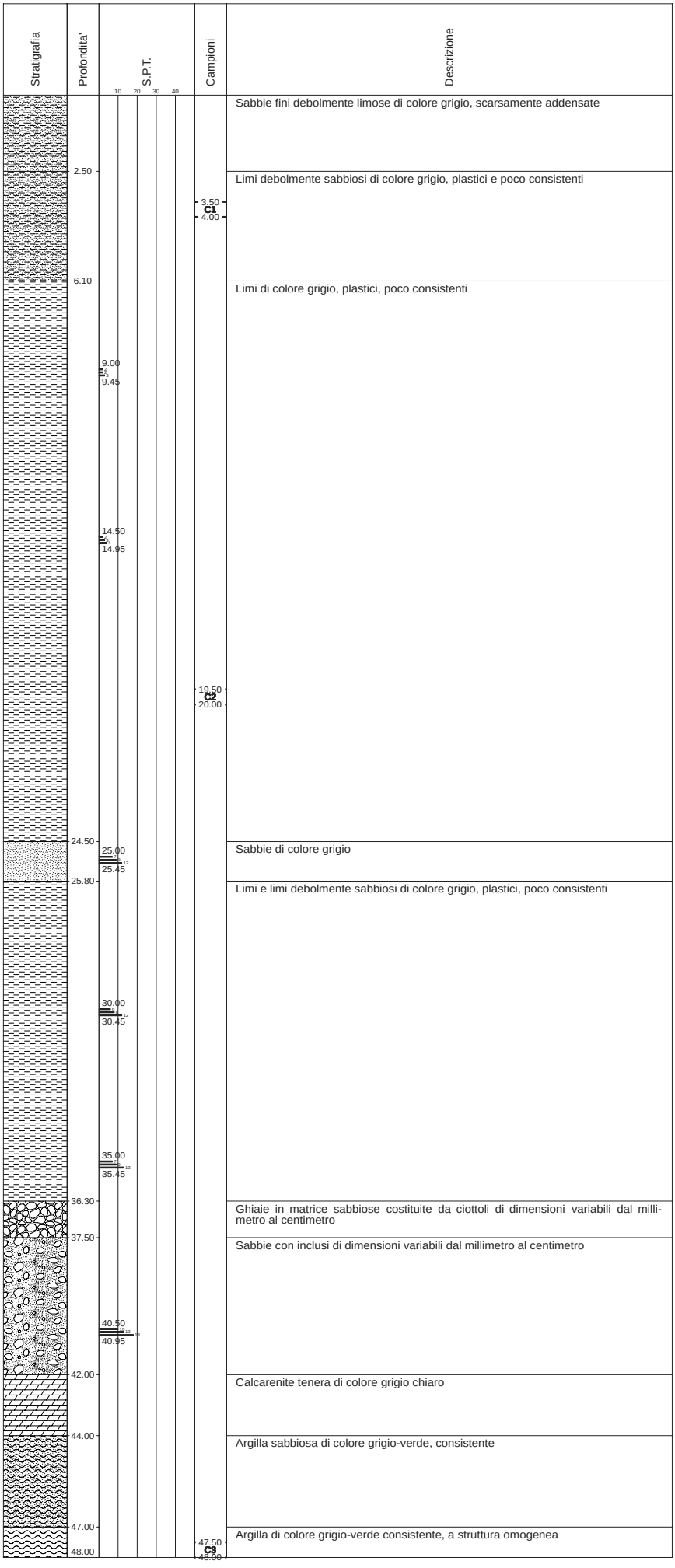
Cassetta 3

Cassetta 4

Cassetta 5

Cassetta 6

	Committente: S.P.E.R.O. s.r.l. Cantiere: Porto Località: Siracusa (SR) Data Inizio: 17/08/2010 Data Fine: 17/08/2010	SONDAGGIO: SG7	FOGLIO
		Il geologo Dr. G. Anselmo	



Postazione Sondaggio SG 7

Cassetta 1

Cassetta 2

Cassetta 3

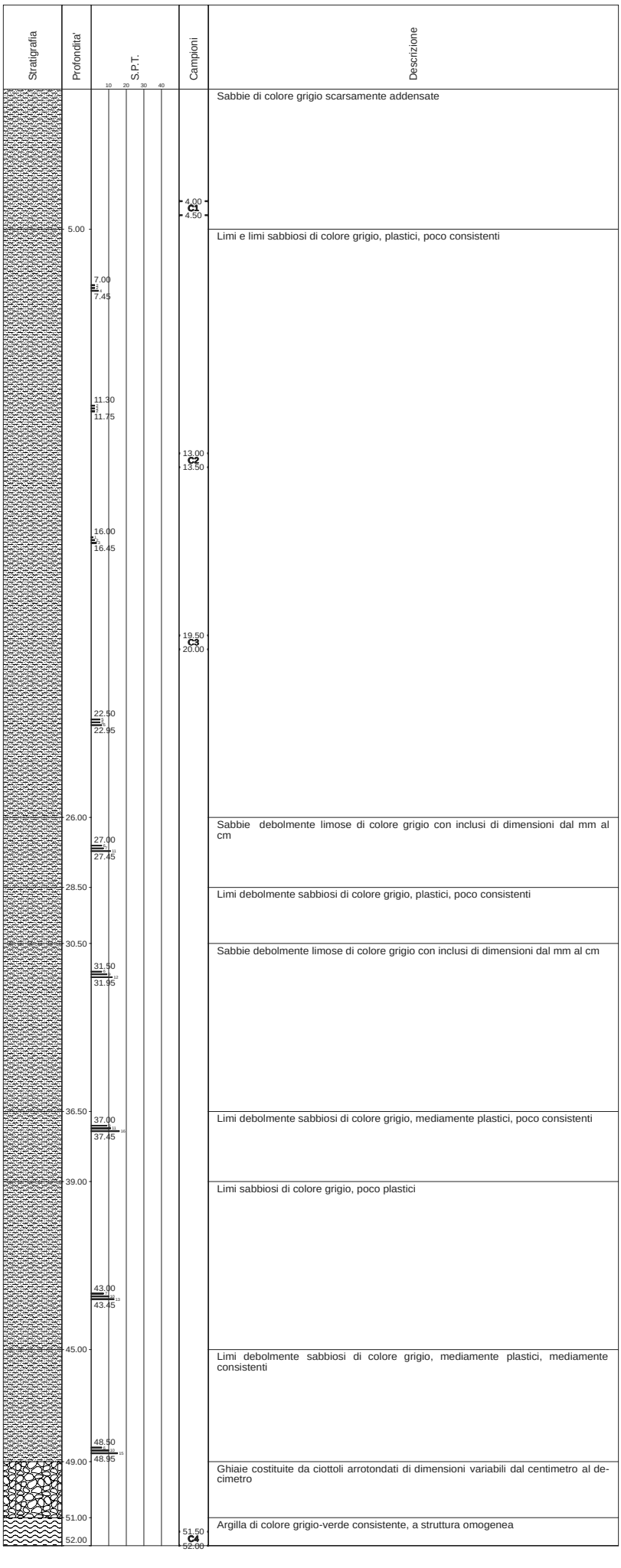
Cassetta 4

Cassetta 5

Cassetta 6

Cassetta 7

	Committente: S.P.E.R.O. s.r.l.	SONDAGGIO: SG8	FOGLIO:
	Cantiere: Porto		
	Località: Siracusa (SR)	Il geologo Dr. G. Anselmo	
	Data Inizio: 16/08/2010 Data Fine: 16/08/2010		



Postazione Sondaggio SG 8

Cassetta 1

Cassetta 2

Cassetta 3

Cassetta 4

Cassetta 5

Cassetta 6

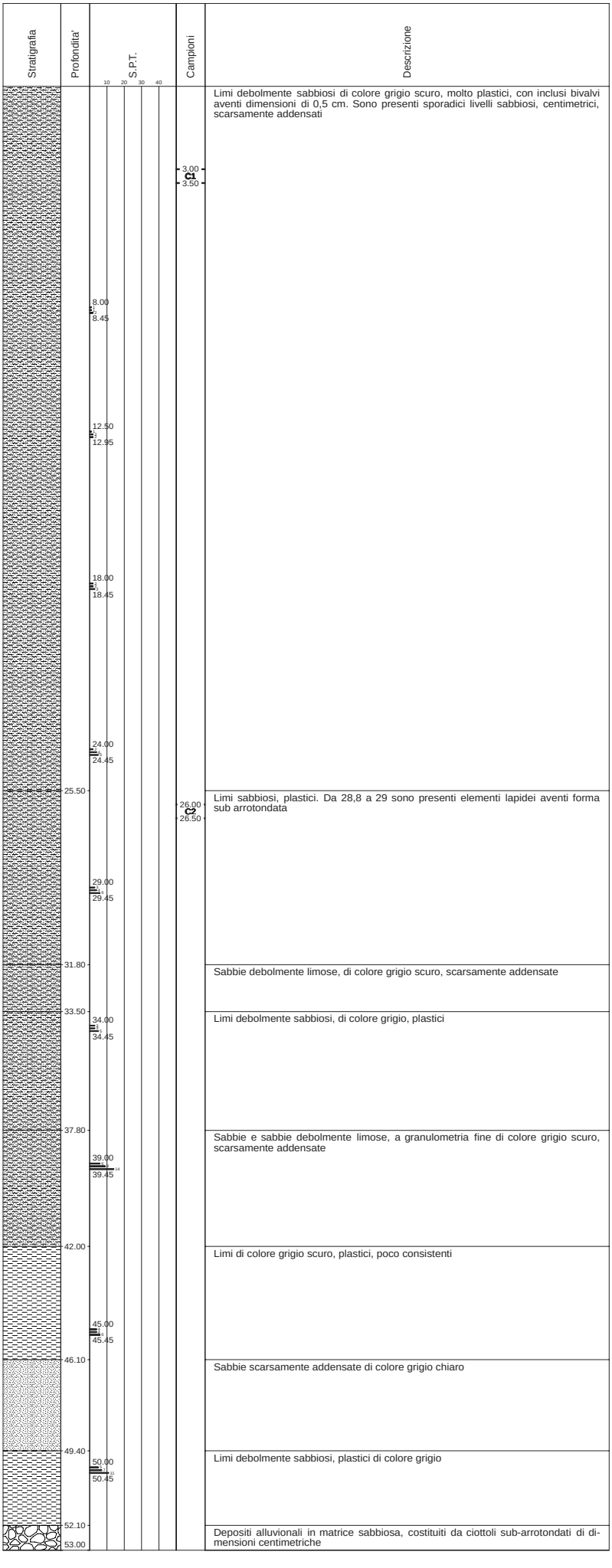
Cassetta 7

Cassetta 8

Cassetta 9

Cassetta 10

	Committente: S.P.E.R.O. s.r.l.	SONDAGGIO: SG9	FOGLIO:
	Cantiere: Porto		
	Località: Siracusa (SR)	Il geologo Dr. G. Anselmo	
	Data Inizio: 13/08/2010 Data Fine: 13/08/2010		



Postazione Sondaggio SG 9

Cassetta 1

Cassetta 2

Cassetta 3

Cassetta 4

Cassetta 5

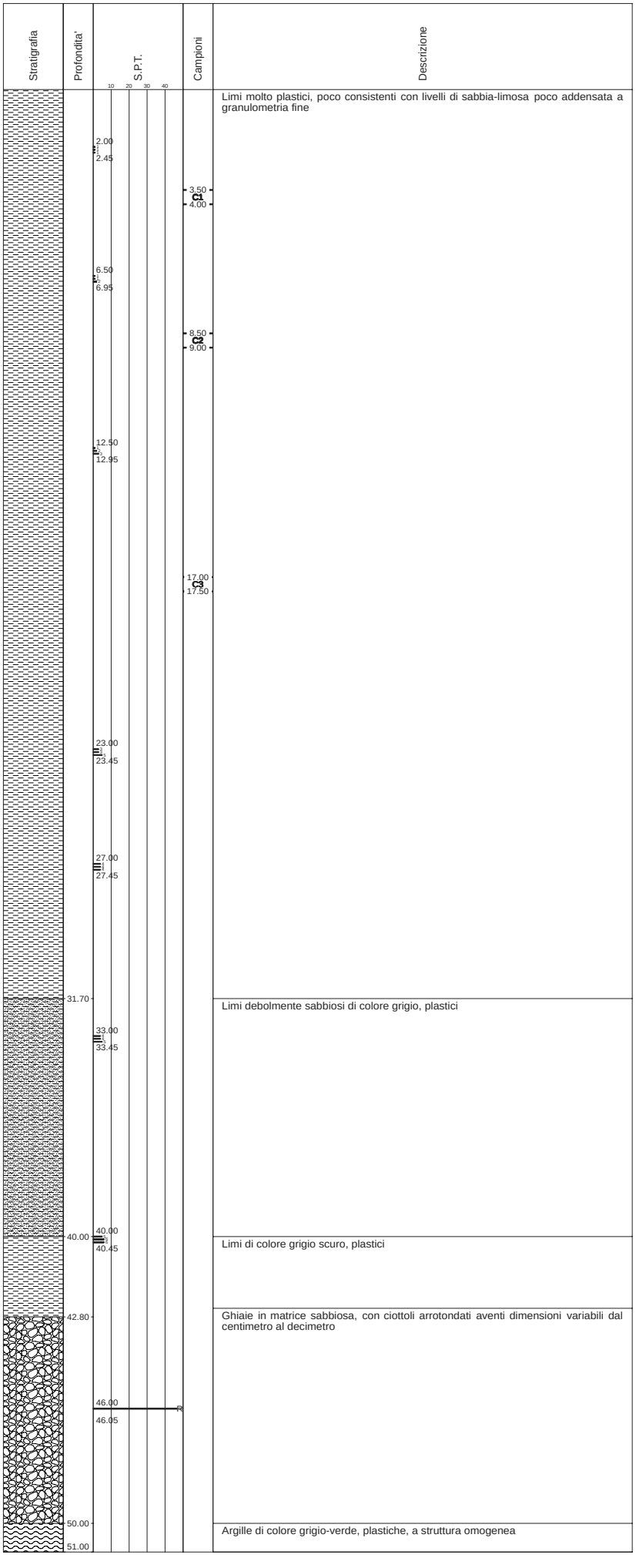
Cassetta 6

Cassetta 7

Cassetta 8

Cassetta 9

	Committente: S.P.E.R.O. s.r.l.	SONDAGGIO: SG10	FOGLIO:
	Cantiere: Porto		
	Località: Siracusa (SR)	Il geologo Dr. G. Anselmo	
	Data Inizio: 11/08/2010 Data Fine: 11/08/2010		



Postazione Sondaggio SG 10

Cassetta 1

Cassetta 2

Cassetta 3

Cassetta 4

Cassetta 5

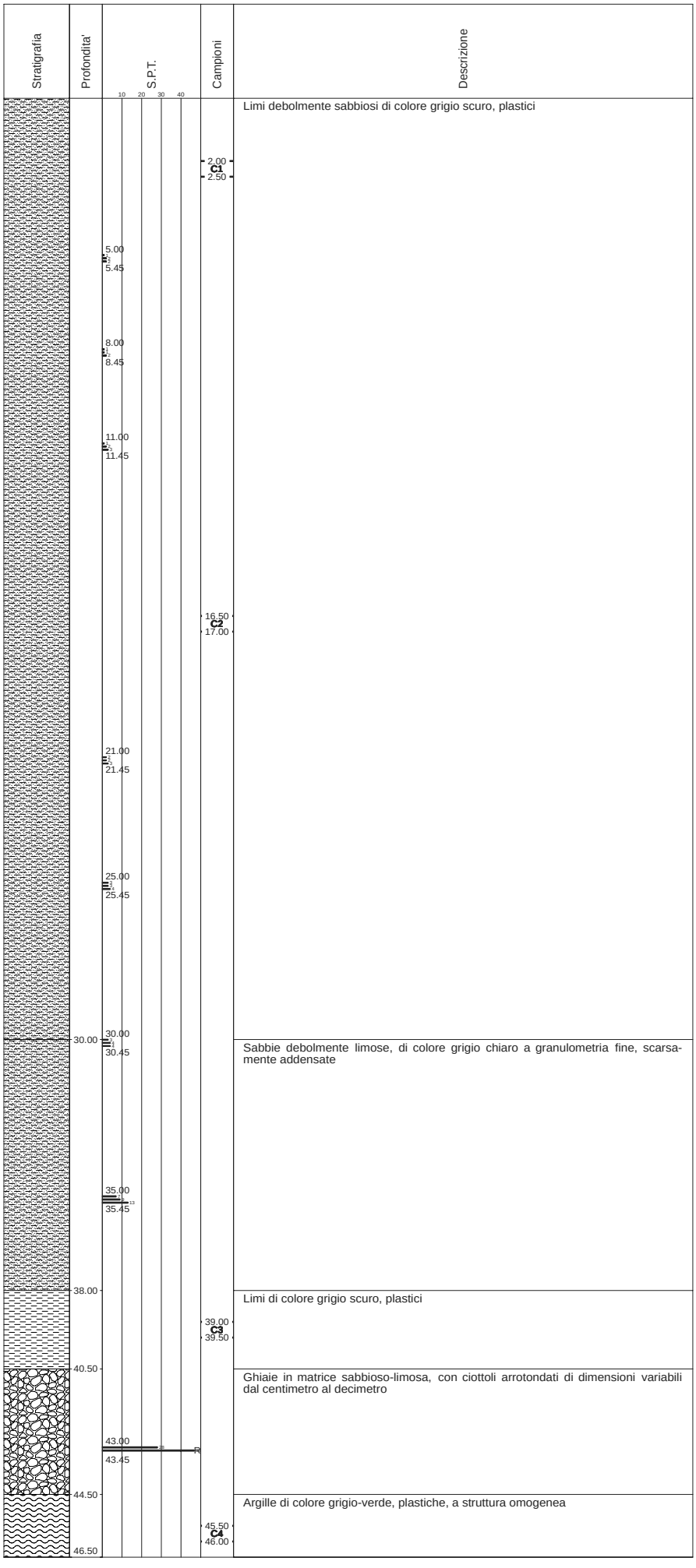
Cassetta 6

Cassetta 7

Cassetta 8

Cassetta 9

	Committente S.P.E.R.O. s.r.l. Cantiere Porto Località Siracusa (SR) Data Inizio 12/08/2010 Data Fine 12/08/2010	SONDAGGIO SG11	FOGLIO
		Il geologo Dr. G. Anselmo	



Postazione Sondaggio SG 11

Cassetta 1

Cassetta 2

Cassetta 3

Cassetta 4

Cassetta 5

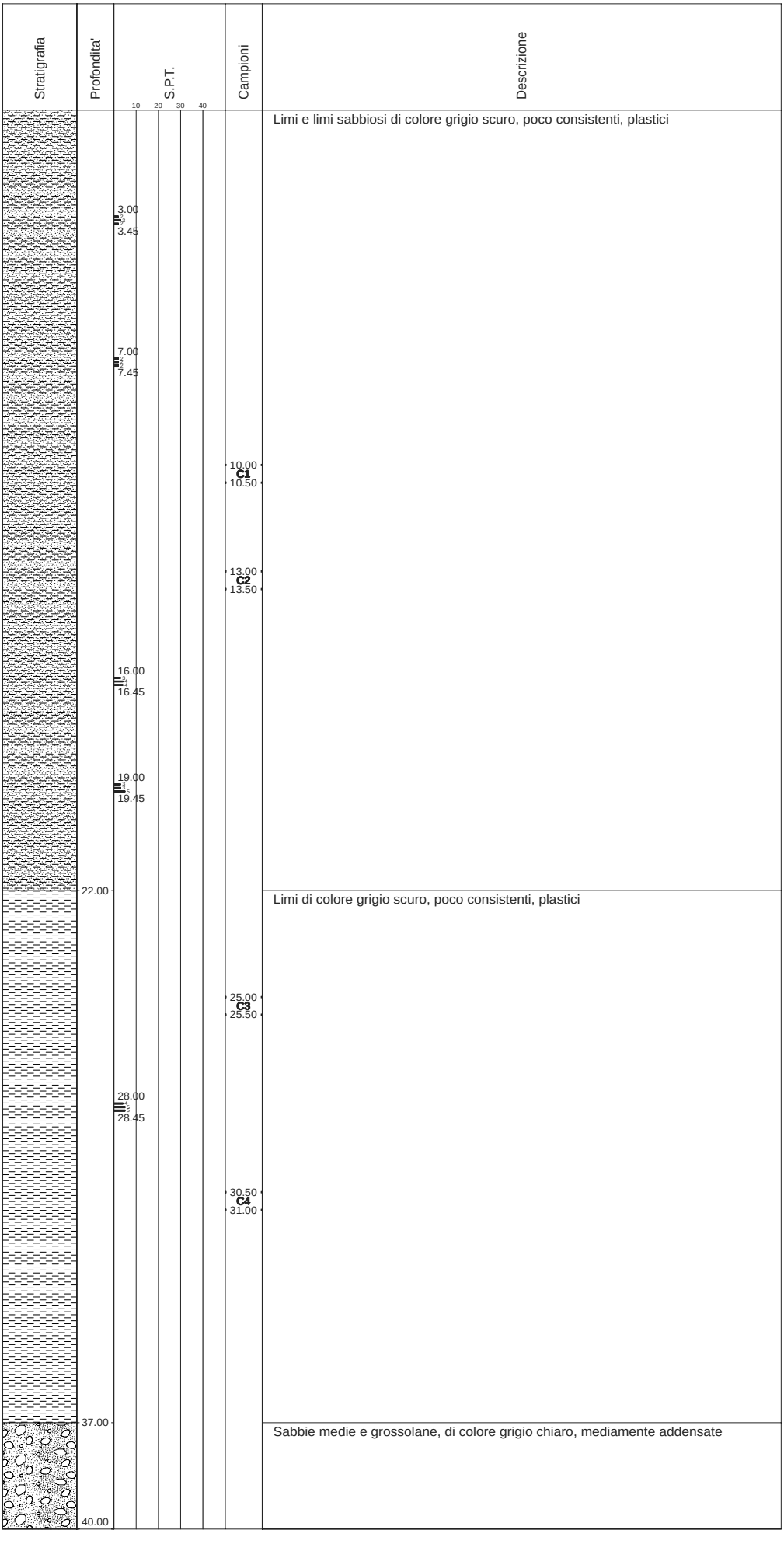
Cassetta 6

Cassetta 7

Cassetta 8

Cassetta 9

	Committente: S.P.E.R.O. s.r.l.	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere: Porto	SG12	
	Località: Siracusa (SR)		
	Data Inizio: 04/08/2010 Data Fine: 04/08/2010	Il geologo Dr. G. Anselmo	



Postazione Sondaggio SG 12

Cassetta 1

Cassetta 2

Cassetta 3

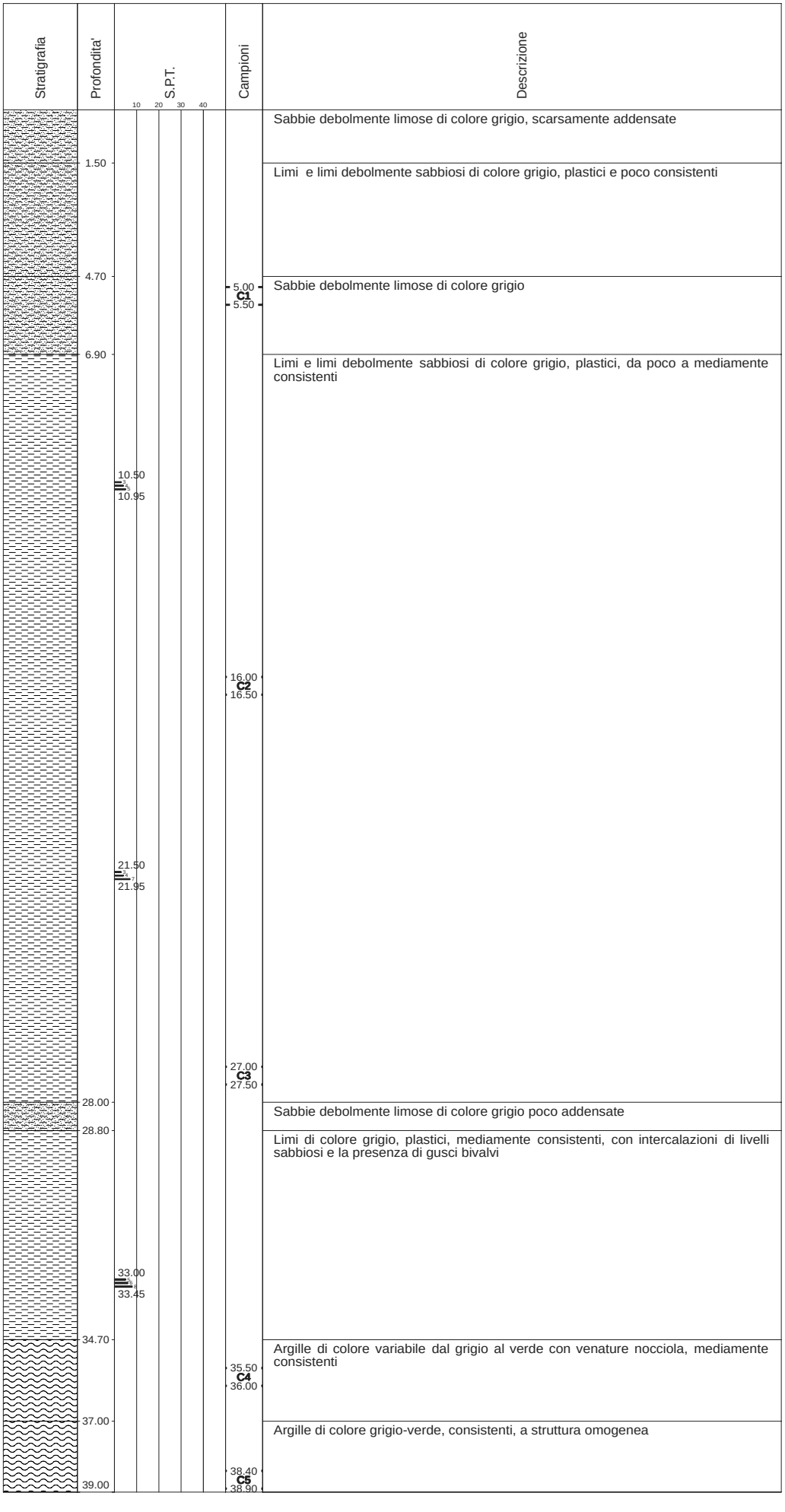
Cassetta 4

Cassetta 5

Cassetta 6

Cassetta 7

	Committente: S.P.E.R.O. s.r.l.	SONDAGGIO: SG13	FOGLIO:
	Cantiere: Porto		
	Località: Siracusa (SR)		
	Data Inizio: 19/08/2010 — Data Fine: 19/08/2010	Il geologo Dr. G. Anselmo	



Postazione Sondaggio SG 13

Cassetta 1

Cassetta 2

Cassetta 3

Cassetta 4

Cassetta 5

Cassetta 6

Cassetta 7

Colonne stratigrafiche e documentazione fotografica

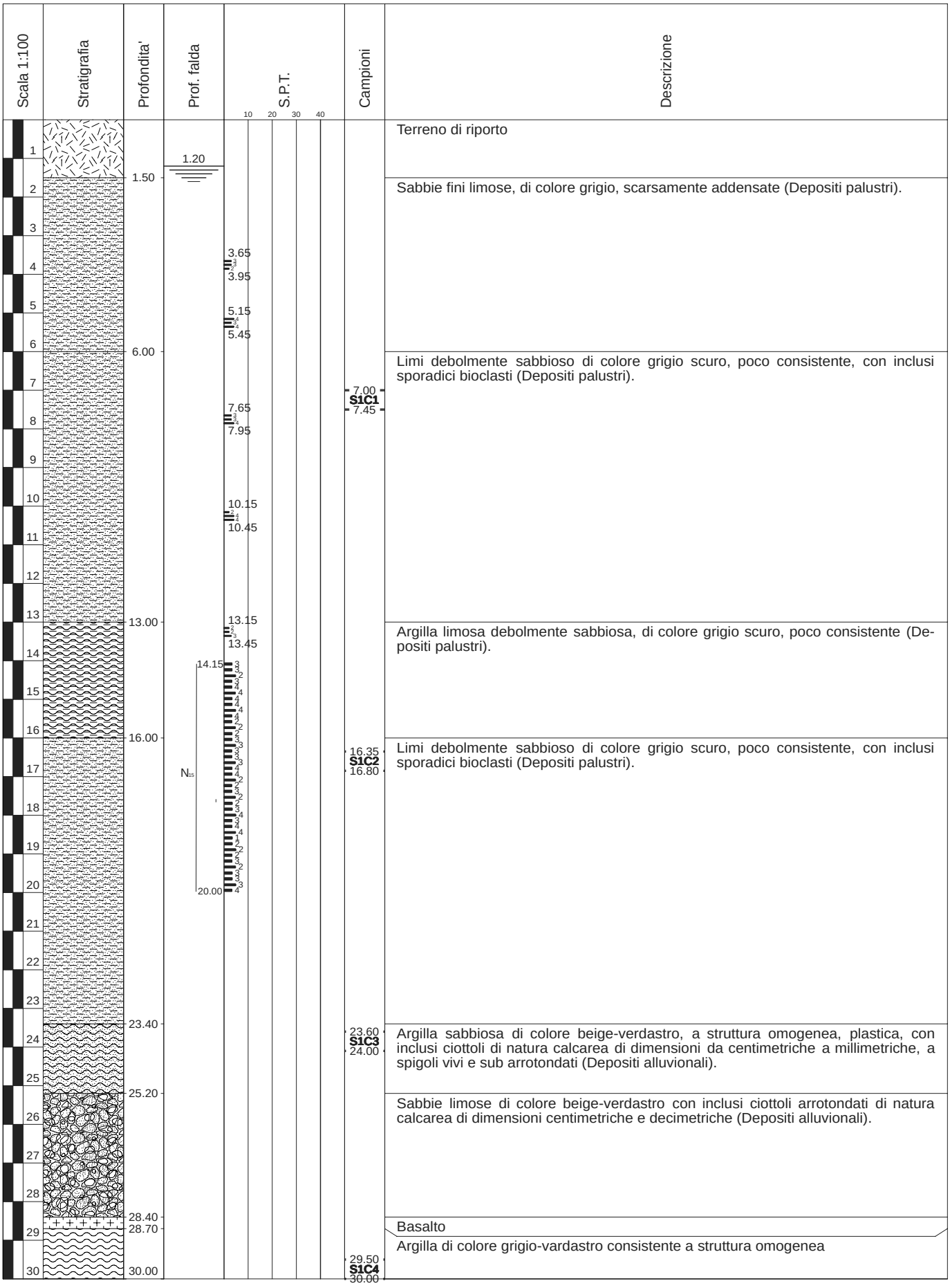
“Progetto di riqualificazione e riuso a complesso turistico ricettivo dell’ex area industriale S.P.E.R.O”

AREA A TERRA

Committente	S.P.E.R.O. S.r.l.
Cantiere	Area industriale S.P.E.R.O.
Località	Siracusa (SR)
Data Inizio	01/12/08
Data Fine	02/12/08

SONDAGGIO	FOGLIO
S1	

Il geologo
Dr. G. Anselmo



SONDAGGIO S1 – POSTAZIONE

SONDAGGIO S1 – CASSETTA N. 1

SONDAGGIO S1 – CASSETTA N. 2

SONDAGGIO S1 – CASSETTA N. 3

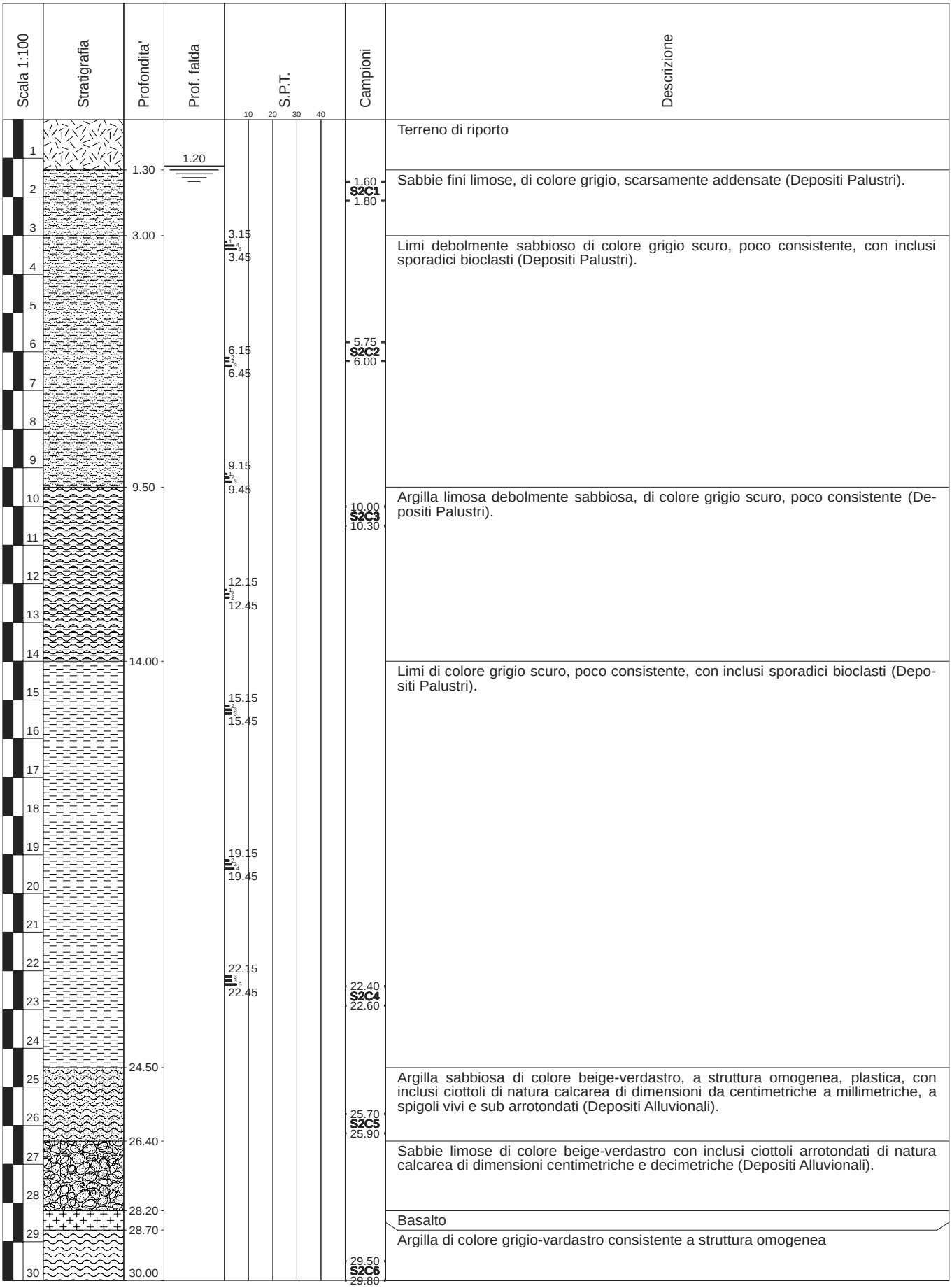
SONDAGGIO S1 – CASSETTA N. 4

SONDAGGIO S1 – CASSETTA N. 5

SONDAGGIO S1 – CASSETTA N. 6

SONDAGGIO S1 – PROVA PENETROMETRICA

Committente	S.P.E.R.O. s.r.l.	SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere	Area industriale S.P.E.R.O.	S2	
Località	Siracusa (SR)		
Data Inizio	03/12/08	Data Fine 03/12/08	Il geologo Dr. G. Anselmo



SONDAGGIO S2 – POSTAZIONE

SONDAGGIO S2 – CASSETTA N. 1

SONDAGGIO S2 – CASSETTA N. 2

SONDAGGIO S2 – CASSETTA N. 3

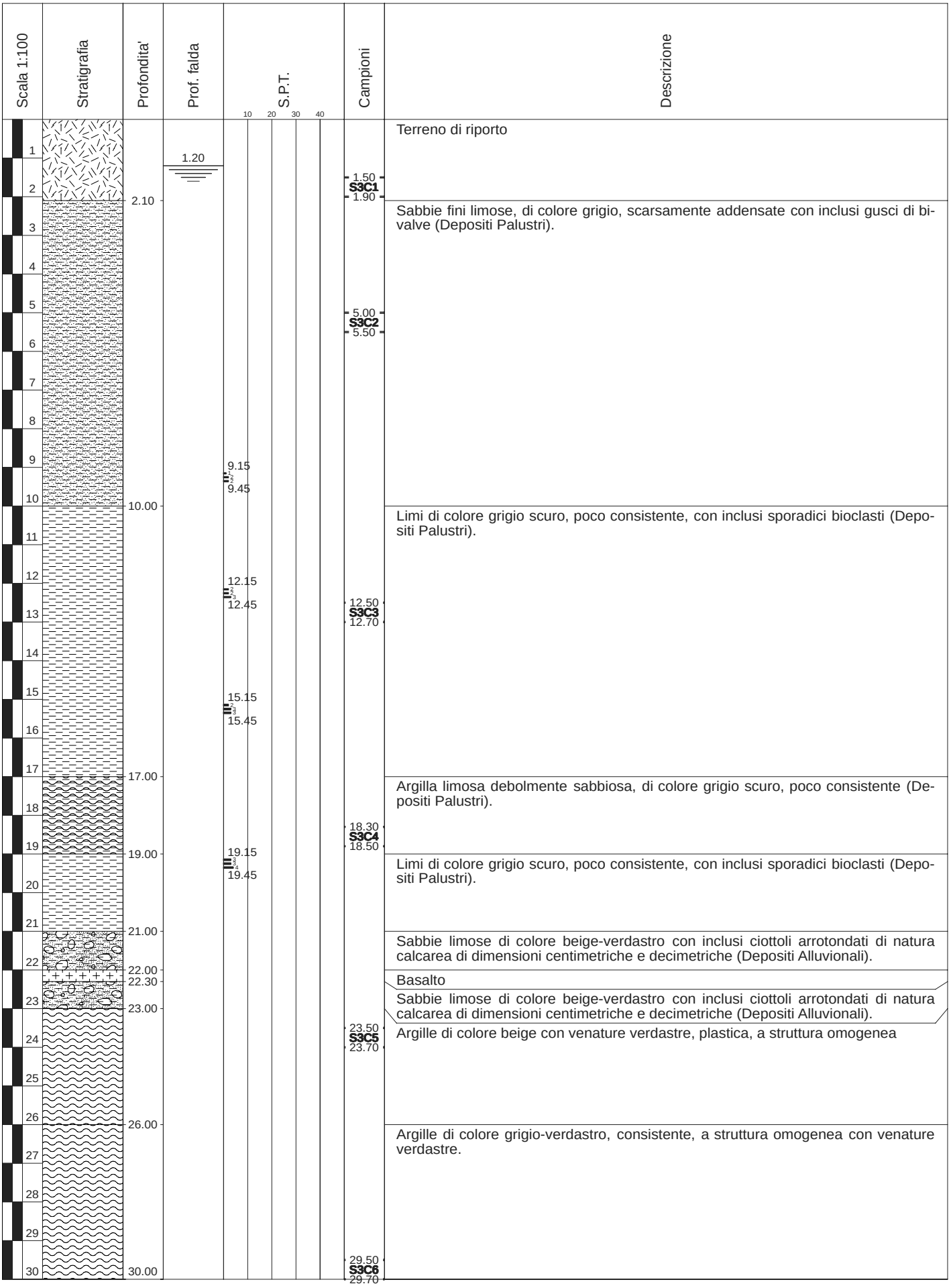
SONDAGGIO S2 – CASSETTA N. 4

SONDAGGIO S2 – CASSETTA N. 5

SONDAGGIO S2 – CASSETTA N. 6

SONDAGGIO S2 – PROVA PENETROMETRICA

Committente	S.P.E.R.O. s.r.l.	SONDAGGIO	FOGLIO
Cantiere	Area industriale S.P.E.R.O.	S3	
Località	Siracusa (SR)		
Data Inizio	04/12/08	Data Fine 04/12/08	Il geologo Dr. G. Anselmo



SONDAGGIO S3 – POSTAZIONE

SONDAGGIO S3 – CASSETTA N. 1

SONDAGGIO S3 – CASSETTA N. 2

SONDAGGIO S3 – CASSETTA N. 3

SONDAGGIO S3 – CASSETTA N. 4

SONDAGGIO S3 – CASSETTA N. 5

SONDAGGIO S3 – CASSETTA N. 6

SONDAGGIO S3 – PROVA PENETROMETRICA

Risultati delle prove SPT eseguite nell’ambito del “Progetto di riqualificazione e riuso a complesso turistico ricettivo dell’ex area industriale S.P.E.R.O”

AREA A TERRA

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Progetto: Riqualificazione e riuso a complesso turistico ricettivo dell'ex area industriale S.P.E.R.O.
Committente: Geoind geologia e geofisica s.a.s.
Cantiere: Area industriale S.P.E.R.O.
Località: Siracusa

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	4,2 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm²
Lunghezza delle aste	1,5 m
Peso aste a metro	8 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	1
Rivestimento/fanghi	No

Classificazione ISSMFE (1988) delle sonde Penetrometriche dinamiche

Tipo	Sigla di riferimento	Peso della massa battente in Kg
Leggero	DPL (Light)	M<10
Medio	DPM (Medium)	10<M<40
Pesante	DPH (Heavy)	40<M<60
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	M>60

OPERATORE
Li Pira Domenico

RESPONSABILE
Dott. Geol. D'Anna Sergio

Sondaggio S1 Prova Nr.1

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 01/12/2008

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,65	3
3,80	3
3,95	2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	5	3,95	10	Skempton 198	32,99

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	5	3,95	10	Japanese Nation Railway	23

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	5	3,95	10	Schmertmann (197 (Sabbie	80,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	5	3,95	10	Begemann 197 (Ghiaia con sabbi	48,00

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	5	3,95	10	Classificazion A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	5	3,95	10	Meyerhof ed altr	1,73

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	5	3,95	10	Terzaghi-Pec 1948-196	1,92

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	5	3,95	10	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	5	3,95	10	Ohsaki (Sabbi pulite)	566,13

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	5	3,95	10		173,93

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	5	3,95	10	Seed (1979) (Sabb e ghiaie	< 0.04

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	5	3,95	10	Navfac 1971-198	2,10

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	5	3,95	10	Robertson 198	20,00

Sondaggio S1 Prova Nr.2

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 01/12/2008

Profondità (m)	Nr. Colpi
5,15	4
5,30	3
5,45	4

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	7	5,45	11	Skempton 198	35,16

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	7	5,45	11	Japanese Nation Railway	23,3

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	7	5,45	11	Schmertmann (197 (Sabbie	88,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	7	5,45	11	Begemann 197 (Ghiaia con sabbia	50,06

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	7	5,45	11	Classificazion A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	7	5,45	11	Meyerhof ed altr	1,76

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	7	5,45	11	Terzaghi-Pec 1948-196	1,92

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	7	5,45	11	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	7	5,45	11	Ohsaki (Sabbi pulite)	619,19

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	7	5,45	11		182,41

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	7	5,45	11	Seed (1979) (Sabb e ghiaie	< 0.04

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	7	5,45	11	Navfac 1971-198	2,31

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	7	5,45	11	Robertson 198	22,00

Sondaggio S1 Prova Nr.3

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 01/12/2008

Profondità (m)	Nr. Colpi
7,65	3
7,80	3
7,95	4

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA

TERRENI INCOERENTI
Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	7	7,95	11	Skempton 198	35,16

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	7	7,95	11	Japanese Nation Railway	23,3

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	7	7,95	11	Schmertmann (197 (Sabbie	88,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	7	7,95	11	Begemann 197 (Ghiaia con sabbi	50,06

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	7	7,95	11	Classificazion A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	7	7,95	11	Meyerhof ed altr	1,76

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	7	7,95	11	Terzaghi-Pec 1948-196	1,92

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	7	7,95	11	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	7	7,95	11	Ohsaki (Sabbi pulite)	619,19

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	7	7,95	11		182,41

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	7	7,95	11	Seed (1979) (Sabb e ghiaie	< 0.04

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	7	7,95	11	Navfac 1971-198	2,31

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	7	7,95	11	Robertson 198	22,00

Sondaggio S1 Prova Nr.4

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 01/12/2008

Profondità (m)	Nr. Colpi
10,15	2
10,30	4
10,45	4

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	8	10,45	11,5	Skempton 198	36,21

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	8	10,45	11,5	Japanese Nation Railway	23,45

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	8	10,45	11,5	Schmertmann (197 (Sabbie	92,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	8	10,45	11,5	Begemann 197 (Ghiaia con sabbi	51,09

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	8	10,45	11,5	Classificazion A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	8	10,45	11,5	Meyerhof ed altr	1,78

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	8	10,45	11,5	Terzaghi-Pec 1948-196	1,93

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	8	10,45	11,5	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	8	10,45	11,5	Ohsaki (Sabbi pulite)	645,61

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	8	10,45	11,5		186,51

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	8	10,45	11,5	Seed (1979) (Sabb e ghiaie	< 0.04

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	8	10,45	11,5	Navfac 1971-198	2,42

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	8	10,45	11,5	Robertson 198	23,00

Sondaggio S1 Prova Nr.5

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 01/12/2008

Profondità (m)	Nr. Colpi
13,15	2
13,30	2
13,45	3

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	5	13,45	10	Skempton 198	32,99

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	5	13,45	10	Japanese Nation Railway	23

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	5	13,45	10	Schmertmann (197 (Sabbie	80,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	5	13,45	10	Begemann 197 (Ghiaia con sabbia	48,00

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	5	13,45	10	Classificazion A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	5	13,45	10	Meyerhof ed altr	1,73

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	5	13,45	10	Terzaghi-Pec 1948-196	1,92

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	5	13,45	10	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	5	13,45	10	Ohsaki (Sabbi pulite)	566,13

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	5	13,45	10		173,93

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	5	13,45	10	Seed (1979) (Sabb e ghiaie	< 0.04

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	5	13,45	10	Navfac 1971-198	2,10

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	5	13,45	10	Robertson 198	20,00

Sondaggio S2 Prova Nr.1

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 03/12/2008

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,15	1
3,30	4
3,45	5

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	9	3,45	12	Skempton 198	37,24

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	9	3,45	12	Japanese Nation Railway	23,6

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	9	3,45	12	Schmertmann (197 (Sabbie	96,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	9	3,45	12	Begemann 197 (Ghiaia con sabbi	52,11

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	9	3,45	12	Classificazion A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	9	3,45	12	Meyerhof ed altr	1,79

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	9	3,45	12	Terzaghi-Pec 1948-196	1,93

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	9	3,45	12	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	9	3,45	12	Ohsaki (Sabbi pulite)	671,96

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	9	3,45	12		190,53

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	9	3,45	12	Seed (1979) (Sabb e ghiaie	< 0.04

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	9	3,45	12	Navfac 1971-198	2,52

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	9	3,45	12	Robertson 198	24,00

Sondaggio S2 Prova Nr.2

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 03/12/2008

Profondità (m)	Nr. Colpi
6,15	2
6,30	2
6,45	3

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	5	6,45	10	Skempton 198	32,99

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	5	6,45	10	Japanese Nation Railway	23

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	5	6,45	10	Schmertmann (197 (Sabbie	80,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	5	6,45	10	Begemann 197 (Ghiaia con sabbia	48,00

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	5	6,45	10	Classificazion A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	5	6,45	10	Meyerhof ed altr	1,73

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	5	6,45	10	Terzaghi-Pec 1948-196	1,92

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	5	6,45	10	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	5	6,45	10	Ohsaki (Sabbi pulite)	566,13

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	5	6,45	10		173,93

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	5	6,45	10	Seed (1979) (Sabb e ghiaie	< 0.04

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	5	6,45	10	Navfac 1971-198	2,10

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	5	6,45	10	Robertson 198	20,00

Sondaggio S2 Prova Nr.3

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 03/12/2008

Profondità (m)	Nr. Colpi
9,15	1
9,30	2
9,45	3

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA

TERRENI INCOERENTI
Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	5	9,45	10	Skempton 198	32,99

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	5	9,45	10	Japanese Nation Railway	23

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	5	9,45	10	Schmertmann (197 (Sabbie	80,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	5	9,45	10	Begemann 197 (Ghiaia con sabbi	48,00

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	5	9,45	10	Classificazion A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	5	9,45	10	Meyerhof ed altr	1,73

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	5	9,45	10	Terzaghi-Pec 1948-196	1,92

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	5	9,45	10	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	5	9,45	10	Ohsaki (Sabbi pulite)	566,13

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	5	9,45	10		173,93

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	5	9,45	10	Seed (1979) (Sabb e ghiaie	< 0.04

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	5	9,45	10	Navfac 1971-198	2,10

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	5	9,45	10	Robertson 198	20,00

Sondaggio S2 Prova Nr.4

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 03/12/2008

Profondità (m)	Nr. Colpi
12,15	1
12,30	2
12,45	2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	4	12,45	9,5	Skempton 198	31,88

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	4	12,45	9,5	Japanese Nation Railway	22,85

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	4	12,45	9,5	Schmertmann (197 (Sabbie	76,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	4	12,45	9,5	Begemann 197 (Ghiaia con sabbia	46,98

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	4	12,45	9,5	Classificazion A.G.I. 1977	SCIOLTO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	4	12,45	9,5	Meyerhof ed altr	1,71

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	4	12,45	9,5	Terzaghi-Pec 1948-196	1,91

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	4	12,45	9,5	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	4	12,45	9,5	Ohsaki (Sabbi pulite)	539,48

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	4	12,45	9,5		169,52

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	4	12,45	9,5	Seed (1979) (Sabb e ghiaie	< 0.04

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	4	12,45	9,5	Navfac 1971-198	2,00

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	4	12,45	9,5	Robertson 198	19,00

Sondaggio S2 Prova Nr.5

Strumento utilizzato. PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 03/12/2008

Profondità (m)	Nr. Colpi
15,15	2
15,30	3
15,45	3

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	6	15,45	10,5	Skempton 198	34,08

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	6	15,45	10,5	Japanese Nation Railway	23,15

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	6	15,45	10,5	Schmertmann (197 (Sabbie	84,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	6	15,45	10,5	Begemann 197 (Ghiaia con sabbia	49,03

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	6	15,45	10,5	Classificazion A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	6	15,45	10,5	Meyerhof ed altr	1,75

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	6	15,45	10,5	Terzaghi-Pec 1948-196	1,92

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	6	15,45	10,5	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	6	15,45	10,5	Ohsaki (Sabbi pulite)	592,70

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	6	15,45	10,5		178,22

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	6	15,45	10,5	Seed (1979) (Sabb e ghiaie	< 0.04

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	6	15,45	10,5	Navfac 1971-198	2,21

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	6	15,45	10,5	Robertson 198	21,00

Sondaggio S2 Prova Nr.6

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 03/12/2008

Profondità (m)	Nr. Colpi
19,15	2
19,30	3
19,45	4

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	7	19,45	11	Skempton 198	35,16

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	7	19,45	11	Japanese Nation Railway	23,3

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	7	19,45	11	Schmertmann (197 (Sabbie	88,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	7	19,45	11	Begemann 197 (Ghiaia con sabbi	50,06

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	7	19,45	11	Classificazion A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	7	19,45	11	Meyerhof ed altr	1,76

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	7	19,45	11	Terzaghi-Pec 1948-196	1,92

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	7	19,45	11	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	7	19,45	11	Ohsaki (Sabbi pulite)	619,19

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	7	19,45	11		182,41

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	7	19,45	11	Seed (1979) (Sabb e ghiaie	< 0.04

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	7	19,45	11	Navfac 1971-198	2,31

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	7	19,45	11	Robertson 198	22,00

Sondaggio S2 Prova Nr.7

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 03/12/2008

Profondità (m)	Nr. Colpi
22,15	3
22,30	3
22,45	5

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	8	22,45	11,5	Skempton 198	36,21

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	8	22,45	11,5	Japanese Nation Railway	23,45

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	8	22,45	11,5	Schmertmann (197 (Sabbie	92,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	8	22,45	11,5	Begemann 197 (Ghiaia con sabbia	51,09

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	8	22,45	11,5	Classificazion A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	8	22,45	11,5	Meyerhof ed altr	1,78

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	8	22,45	11,5	Terzaghi-Pec 1948-196	1,93

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	8	22,45	11,5	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	8	22,45	11,5	Ohsaki (Sabbi pulite)	645,61

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	8	22,45	11,5		186,51

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	8	22,45	11,5	Seed (1979) (Sabb e ghiaie	< 0.04

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	8	22,45	11,5	Navfac 1971-198	2,42

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	8	22,45	11,5	Robertson 198	23,00

Sondaggio S3 Prova Nr.1

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 04/12/2008

Profondità (m)	Nr. Colpi
9,15	1
9,30	2
9,45	2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	4	9,45	9,5	Skempton 198	31,88

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	4	9,45	9,5	Japanese Nation Railway	22,85

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	4	9,45	9,5	Schmertmann (197 (Sabbie	76,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	4	9,45	9,5	Begemann 197 (Ghiaia con sabbia	46,98

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	4	9,45	9,5	Classificazion A.G.I. 1977	SCIOLTO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	4	9,45	9,5	Meyerhof ed altr	1,71

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	4	9,45	9,5	Terzaghi-Pec 1948-196	1,91

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	4	9,45	9,5	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	4	9,45	9,5	Ohsaki (Sabbi pulite)	539,48

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	4	9,45	9,5		169,52

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	4	9,45	9,5	Seed (1979) (Sabb e ghiaie	< 0.04

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	4	9,45	9,5	Navfac 1971-198	2,00

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	4	9,45	9,5	Robertson 198	19,00

Sondaggio S3 Prova Nr.2

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 04/12/2008

Profondità (m)	Nr. Colpi
12,15	2
12,30	2
12,45	3

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	5	12,45	10	Skempton 198	32,99

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	5	12,45	10	Japanese Nation Railway	23

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	5	12,45	10	Schmertmann (197 (Sabbie	80,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	5	12,45	10	Begemann 197 (Ghiaia con sabbia	48,00

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	5	12,45	10	Classificazion A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	5	12,45	10	Meyerhof ed altr	1,73

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	5	12,45	10	Terzaghi-Pec 1948-196	1,92

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	5	12,45	10	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	5	12,45	10	Ohsaki (Sabbi pulite)	566,13

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	5	12,45	10		173,93

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	5	12,45	10	Seed (1979) (Sabb e ghiaie	< 0.04

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	5	12,45	10	Navfac 1971-198	2,10

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	5	12,45	10	Robertson 198	20,00

Sondaggio S3 Prova Nr.3

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 04/12/2008

Profondità (m)	Nr. Colpi
15,15	2
15,30	3
15,45	3

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA

TERRENI INCOERENTI
Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	6	15,45	10,5	Skempton 198	34,08

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	6	15,45	10,5	Japanese Nation Railway	23,15

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	6	15,45	10,5	Schmertmann (197 (Sabbie	84,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	6	15,45	10,5	Begemann 197 (Ghiaia con sabbi	49,03

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	6	15,45	10,5	Classificazion A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	6	15,45	10,5	Meyerhof ed altr	1,75

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	6	15,45	10,5	Terzaghi-Pec 1948-196	1,92

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	6	15,45	10,5	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	6	15,45	10,5	Ohsaki (Sabbi pulite)	592,70

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	6	15,45	10,5		178,22

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	6	15,45	10,5	Seed (1979) (Sabb e ghiaie	< 0.04

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	6	15,45	10,5	Navfac 1971-198	2,21

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	6	15,45	10,5	Robertson 198	21,00

Sondaggio S3 Prova Nr.4

Strumento utilizzato PROVE SPT IN FORO
Prova eseguita in data 04/12/2008

Profondità (m)	Nr. Colpi
19,15	3
19,30	3
19,45	4

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	7	19,45	11	Skempton 198	35,16

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	7	19,45	11	Japanese Nation Railway	23,3

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
Strato 1	7	19,45	11	Schmertmann (197 (Sabbie	88,00

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
Strato 1	7	19,45	11	Begemann 197 (Ghiaia con sabbi	50,06

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	7	19,45	11	Classificazion A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	7	19,45	11	Meyerhof ed altr	1,76

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
Strato 1	7	19,45	11	Terzaghi-Pec 1948-196	1,92

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	7	19,45	11	(A.G.I.)	0,33

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
Strato 1	7	19,45	11	Ohsaki (Sabbi pulite)	619,19

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	7	19,45	11		182,41

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	7	19,45	11	Seed (1979) (Sabb e ghiaie	< 0.04

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko (Kg/cm³)
Strato 1	7	19,45	11	Navfac 1971-198	2,31

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
Strato 1	7	19,45	11	Robertson 198	22,00

5. SONDAGGI SISMICI IN FORO DOWN HOLE

Il presente capitolo espone i risultati ottenuti dall'esecuzione di un sondaggio in foro di tipo Down Hole in corrispondenza del punto di carotaggio denominato "S2" realizzato nell'area a terra, spinto sino ad una profondità di 30 metri dal piano campagna.

L'indagine è stata è stata eseguita tramite un sismografo PASI LCM-12, gestito da un microprocessore, con dodici canali di acquisizione simultanea, a risoluzione 100 microsec, 8 bits, scale dei tempi variabili ed incremento di segnale variabile per ogni canale.

La sonda utilizzata è prodotta dalla PASI e consiste in un geofono tridimensionale nel quale sono alloggiati due geofoni orizzontali per la misura delle onde "S" ed un geofono verticale per la misura delle onde "P".

L'energizzazione è stata ottenuta tramite una mazza di 9 kg dotata di starter piezoelettrico battente su un piattello in alluminio.

Mediante questa tecnica d'indagine è possibile determinare la velocità di propagazione in senso verticale (media e d'intervallo) delle onde sismiche di compressione (P) e di quelle trasversali (S).

La metodologia Down-Hole, come le altre tecniche di sismica in perforo, ha, rispetto alla sismica a rifrazione, il vantaggio di non avere come condizione che la velocità aumenti con la profondità in quanto si valutano i tempi d'arrivo delle onde elastiche via via che esse penetrano negli strati più profondi senza subire fenomeni di rifrazione; quindi è sempre possibile valutare eventuali inversioni di velocità nell'ambito del pacco di litotipi incontrati nella perforazione e, inoltre, la preventiva conoscenza della stratigrafia permette di scegliere il passo di misura più

idoneo a caratterizzare anche strati aventi ridotto spessore.

In generale la tecnica Down-Hole consiste nella lettura dei tempi di propagazione delle onde longitudinali Tp e delle onde trasversali Ts tra un punto di energizzazione prossimo alla testa del foro di sondaggio ed il geofono tridimensionale ancorato all'interno del foro mediante un dispositivo a pistone.

I modelli e gli algoritmi adottati tengono conto di tutte quelle leggi d'attenuazione ed accelerazione che contribuiscono a modificare un segnale sismico all'interno di un mezzo qualunque. Tale modellizzazioni ed interpretazioni dei segnali restituiti dall'indagine permettono di stimare le caratteristiche elasto-dinamiche della sezione in perforo investigata.

In particolare, l'energizzazione del terreno è stata effettuata mediante massa battente; al fine di facilitare la generazione di onde trasversali, per la valutazione della velocità di propagazione delle onde di taglio, il terreno è stato sollecitato orizzontalmente tramite una piastra in ferro infissa in una trave di legno ad una distanza di 1metro dall'asse del perforo in modo da ridurre la dissipazione in fase d'energizzazione (vedi figura).

Tale dispositivo di energizzazione, in funzione delle profondità operative si è rilevato sufficientemente valido per evidenziare, con buon rapporto segnale-rumore, le onde sismiche generate.

Il foro di sondaggio, interamente condizionato con tubi in P.V.C. del diametro interno di circa 80 mm ed opportunamente attrezzato in modo da essere solidale con le pareti del foro, ha ospitato il geofono tridimensionale, composto da un geofono verticale e due orizzontali, ancorato alle pareti del foro per mezzo di un sistema pneumatico alle varie profondità di lettura.

Il geofono tridimensionale è stato collegato ad un sismografo del tipo E2 digit a LCM-12 canali della PASI con segnale incrementale, che ha permesso di acquisire le componenti del segnale.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state effettuate letture con un intervallo di 2 metri sino ad una profondità di 30 metri. Gli scoppi sono stati effettuati con una distanza dal boccaforo (offset) di 1,5 metri.

L'elaborazione dei dati consiste nell'individuazione dei tempi di "primo arrivo" delle onde sismiche P ed S. Ciò consente di valutare la funzione velocità sismica-profondità, sia per le onde compressive (Vp) che per le onde trasversali (Vs) e quindi, noto il peso di volume dei terreni

investigati, di calcolare i parametri meccanici caratteristici (Moduli Elastici Dinamici).

I tempi scaturiti consentono, in funzione della distanza tra il punto di energizzazione e la ricezione dei segnali, di definire, per i singoli intervalli, le velocità delle onde P (Vp) e delle onde S (Vs), ed inoltre di calcolare i rapporti Vp/Vs e Vs/Vp per la stima del coefficiente di Poisson.

Dalla valutazione della velocità di propagazione delle onde secondarie (Vs) è stato possibile calcolare il Vs30, così come richiesto dalla normativa vigente.

Per i terreni investigati il predetto valore Vs30 è pari a 193 m/s.

In allegato sono stati presenti grafici e tabelle dai quali si evince la velocità di propagazione delle suddette onde nei vari intervalli di misura (2 metri) e lo sviluppo dei moduli elastici calcolati.

6. INDAGINI DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA (TROMOGRAFIA)

Allo scopo di individuare con esattezza dettaglio la serie stratigrafica locale, gli spessori dei litotipi presenti e per determinare le velocità delle onde di taglio (Vs) dei terreni presenti, si è ritenuto necessario l'utilizzo della tecnica di sismica passiva a stazione singola HVSR.

In particolare sono state eseguite n. 1 misura di microtremore ambientale, eseguito in corrispondenza del sondaggio S2, con un tromografo digitale progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Di seguito vengono riportati alcuni cenni riguardo la metodologia utilizzata.

La sismica passiva è una tecnica che permette di definire la serie stratigrafica locale basandosi sul concetto di contrasto di impedenza dove per strato si intende un'unità distinta in relazione al rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

I primi studi su questa tecnica sono da attribuire a Kanai (1957) e da allora diversi metodi sono stati proposti per estrarre utili informazioni sul sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in sito.

Tra questi la tecnica che si è maggiormente consolidata è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (HVSR), applicata da Nogoshi e Igarashi (1970). Successivamente Nakamura (1989) ha applicato la stessa metodo come strumento per la determinazione dell'amplificazione sismica locale.

Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D).

Considerando lo schema illustrato dalla figura seguente si osserva che sono presenti due strati (1 e 2) che differenziano per le densità (1 e 2) e le velocità delle onde sismiche (V1 e V2).

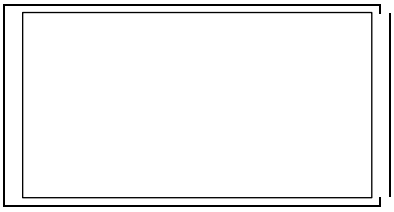


Figura 1. Modello di suolo costituito da due strati a diverse velocità delle onde sismiche e densità.

In questo caso un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene parzialmente riflessa dalla superficie di strato.

L'onda riflessa interferendo con quelle incidenti si somma e raggiunge le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente () è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato.

Ne consegue che la frequenza di risonanza (fr) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a:

fr = VP1/(4 H) [1]

mentre quella relativa alle onde S è

fr = VS1/(4 H). [2]

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra, come massimi relativi, le frequenze di risonanza dei vari strati.

Questo dato, insieme alla stima delle velocità, è in grado di fornire utili previsioni sullo spessore H degli strati.

Questa informazione è contenuta principalmente nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali

e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- il contenuto in frequenza;
- la risposta strumentale;
- l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo.

Da evidenziare, inoltre, che i microtremori sono costituiti da onde di volume, P o S, ed in misura maggiore onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tale inconveniente è facilmente superabile sia perché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva, sia perchè la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

D'altro canto l'applicabilità pratica della formula [2] è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico.

La strumentazione utilizzata per la acquisizione dei dati sperimentali, consiste in un tromografo digitale denominato "Tromino", dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- le curve HVSR che sono state ottenute col software Grilla eseguendo un processing con i seguenti parametri:
  - larghezza delle finestre d'analisi pari a 20 s per tempi di acquisizione di 20 minuti;
  - lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 15% della frequenza centrale,
  - rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine/media a lungo termine) superiore ad 2;
  - rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.
- le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto sono state ottenute dopo l'analisi con gli stessi parametri sopra riportati.

Le profondità H delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula sotto riportata, in cui:

- V_0 è la velocità al tetto dello strato;
- a un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.);
- la frequenza fondamentale di risonanza.

Le ubicazioni dei sondaggi che sono stati eseguiti sono visibili nelle planimetrie allegate.

Prima di procedere all'acquisizione dei dati sperimentali, è stata realizzata n. 1 misura di microtremore ambientale in corrispondenza del sondaggio geognostici "S1" allo scopo di tarare la strumentazione in base

alla velocità riscontrate all'interno dei terreni presenti. E' stato scelto questo "sito di taratura" poichè ritenuto il più rappresentativo delle serie stratigrafica locale.

Il profilo di taratura è indicato con la sigla "T1tar" (Sondaggio T1tar), come visibile nei paragrafi seguenti.

Di seguito sono riportate, in dettaglio, le interpretazioni dei dati sperimentali ottenuti.

Sondaggio tromografico T1tar

Dall'analisi dei dati si osserva la seguente discontinuità:

- a 30 Hz (profondità dal piano campagna pari a 1.5 m), riferibile al contatto tra il terreno di riporto ed i depositi palustri;
- a 1.8 Hz (profondità dal piano campagna pari a 28.4 m), riferibile al contatto tra i depositi palustri ed i depositi alluvionali;
- a 1.2 Hz (profondità dal piano campagna pari a 28.5 m), riferibile al contatto tra i depositi alluvionali ed il substrato argilloso pliocenico.

6.1 Stima delle velocità delle onde V_{S30}

I dati sperimentali ricavate dalle indagini di sismica passiva a stazione singola permettono di ricavare una stima delle velocità delle onde di taglio Vs.

In generale, la frequenza di risonanza delle onde S che viaggiano all'interno di uno strato è legata al tempo di tragitto delle onde S nello strato stesso dalla relazione

$$f_r = \frac{1}{4T_H}$$

Dove T_H è il tempo di tragitto dall'interfaccia risonante e f_r è la frequenza di risonanza.

A partire dalla formula precedente e conoscendo la profondità h dell'interfaccia risonante è definibile la velocità media delle onde S nella struttura risonante

$$V = \frac{H}{T_H}$$

e

$$f_r = \frac{1}{4T_H}$$

da cui si ricava

$$V = 4 f_r h$$

Sondaggio T1-tar

Nella tabella seguente sono riportati i valori delle velocità delle onde Vs, registrate durante l'esecuzione del sondaggio T1 alle varie profondità riferite dal piano campagna.

Profondità (m)	Vs (m/s)	Categoria sismica ai sensi dell'D.M. del 14/01/2008
0.00 – 0.50	120	C (Vs30=197 m/s)
0.50 – 1.50	220	
1.50 – 4.50	150	
4.50 – 28.50	200	
28.50 – 30.00	430	

Strumentazione utilizzata
Sismogragfo PASI E2 DigitT LCM – 12 con geofono tridimensionale

Sondaggio tromografico T1tar

7. CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRITORIO

Ai fini sismici il territorio interessato è incluso nell'elenco delle località sismiche di II categoria ovvero ZONA 2 (Livello di pericolosità sismica MEDIO). Tale classificazione è stata dettata dalla O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/03 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica" e confermata con il D.M. 14/01/2008, come visibile nella carta allegata tratta dal sito dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

La sismicità dell'area va interpretata nell'ambito della sismicità di tutta la fascia orientale dell'Isola.

Esiste nella letteratura tutta una serie di notizie relative ad eventi sismici che hanno fatto sentire il proprio effetto in zona.

Sono stati, pertanto, presi in considerazione tutti i terremoti (catalogo delle mappe isosismiche dei terremoti verificatisi in Sicilia e Calabria) con intensità M.S.K. pari o superiore a 3, avvenuti nella regione durante il periodo compreso tra il 1783 ed il 1978 (Barbano, Cosentino, Lombardo, Patanè, Novembre 1980).

I terremoti considerati ai fini della valutazione di cui trattasi, sono quelli che hanno fatto registrare, nell'area di interesse, effetti di intensità (I M.S.K. - 64) pari o superiore a 3 della scala proposta da Medvedev, Sponhauer e Karnik, raggruppati in funzione delle relative aree sismogenetiche.

Regione Peloritani e Calabria	Intensità M.S.K
28/12/1908	6

Costa Tirrenica Siciliana	
08/03/1823	6
16/03/1892	3
31/10/1893	3
15/08/1908	4.5
11/09/1934	5
31/10/1967	5
05/06/1977	5
15/04/1978	4
Catena degli Iblei	
23/12/1959	5

N.B. Le intensità si riferiscono agli effetti registrati in zona e non alle relative intensità epicentrali.

Inoltre da evidenziare che la zona è stata coinvolta dai seguenti ulteriori terremoti:

- Catania - Febbraio 1169 con intensità X (scala Mercalli)
- Val di Noto - Gennaio 1693 con intensità VII-VIII (scala Mercalli)
- Etna - Febbraio 1818 con intensità IV (scala Mercalli),

per continuare con quelli più recenti della Val di Noto.

Si ritiene, quindi, ragionevole attuare nel territorio una razionale politica di difesa dai terremoti.

In tal senso in generale si può dire che le modificazioni che subiscono le sollecitazioni sismiche dipendono molto dai fattori morfologici, strutturali e litologici dei terreni.

Gli studi, eseguiti in Italia nelle zone dell'Irpinia e del Friuli, hanno evidenziato notevoli differenze di effetti da zona a zona nell'ambito di brevi

distanze, associate a differenti modelli dei siti o a differenti situazioni geologiche e geotecniche dei terreni.

Risulta di grande interesse, quindi, la valutazione del livello di rischio sismico regionale e locale cui sono esposti il territorio e gli insediamenti umani.

Tale valutazione non va limitata solo agli aspetti prima richiamati, ovvero morfologici, geologico-strutturali e litologici dei terreni, ma estesa ed associata alla probabilità del manifestarsi del fenomeno, alla sua intensità e distanza della sorgente sismogenetica dal sito.

Grande importanza, infine, assume la conoscenza delle tecnologie e tecniche costruttive utilizzate per la realizzazione dei manufatti e dello stato di conservazione, dai quali dipende il comportamento delle strutture nei confronti delle sollecitazioni dinamiche indotte dal sisma.

Dettagliate caratterizzazioni sismiche del territorio o meglio valutazioni della risposta dinamica locale, inserite nel più ampio problema della zonizzazione sismica del territorio, presentano difficoltà legate soprattutto alla quantità dei dati che la caratterizzazione richiederebbe, al momento non disponibili, ed ai notevoli costi necessari.

Sembra opportuno soffermarsi, perciò, su alcuni aspetti di carattere generale riguardanti la tematica in oggetto, utili all'inquadramento del "problema sismico".

La propagazione delle onde sismiche verso la superficie è influenzata dalla deformabilità dei terreni attraversati. Per tale ragione gli accelerogrammi registrati sui terreni di superficie possono differire notevolmente da quelli registrati al tetto della formazione di base, convenzionalmente definita come substrato nel quale le onde di taglio, che

rappresentano la principale causa di trasmissione degli effetti delle azioni sismiche verso la superficie, si propagano con velocità maggiori o uguali a 1.000 m/sec.

Si può osservare in generale che nel caso in cui la "formazione di base" sia ricoperta da materiali poco deformabili e approssimativamente omogenei (es. calcari e calcareniti) gli accelerogrammi che si registrano al tetto della formazione di base non differiscono notevolmente da quelli registrati in superficie: inoltre in tale caso lo spessore dei terreni superficiali non influenza significativamente la risposta dinamica locale.

Nel caso in cui la formazione di base è ricoperta da materiali deformabili, gli accelerogrammi registrati sulla formazione ed in superficie possono differire notevolmente, in particolare le caratteristiche delle onde sismiche vengono modificate in misura maggiore all'aumentare della deformabilità dei terreni.

La trasmissione di energia dal bed-rock verso la superficie subisce trasformazioni tanto più accentuate quanto più deformabili sono i terreni attraversati; all'aumentare della deformabilità alle alte frequenze di propagazione corrispondono livelli di energia più bassi e viceversa a frequenze più basse corrispondono livelli di energia più alti.

Il valore del periodo corrispondente alla massima accelerazione cresce quanto la rigidezza dei terreni diminuisce; nel caso di rocce sciolte tale valore aumenta anche all'aumentare della potenza dello strato di terreno.

In generale si può affermare che le aree interessate si sviluppano nelle condizioni di uno spesso pacco di terreni che nel complesso può definirsi deformabile, poggianti sul bed-rock anch'esso deformabile e qundi, con

caratteristiche sismiche simili come dimostrato dalle indagini di sismica descritte nei capitoli precedenti.

Le indagini sismiche dimostrano, inoltre, che non vi sono particolari problemi di carattere sismico legati alla presenza di terreni a risposta sismica differente.

Ne consegue che non esistono criticità sismiche che possano ostare la realizzazione del progetto, purchè si tengano nella dovuta considerazione la presenza:

- di uno spessore variabile tra circa 21,80 e 37,00 di terreno con caratteristiche di elevata plasticità e scarsa o scarsissima consistenza nell'area prossima alla linea di costa in cui si prevede di realizzare le opere di colmata, la darsena ed il parcheggio ipogeo;
- di uno spessore variabile tra circa 37,00 e 50,00 di terreno con caratteristiche di elevata plasticità e scarsa o scarsissima consistenza nell'area perpendicolare alla linea di costa in cui si prevede di realizzare il molo.

Si mette in evidenza che dall'analisi dei risultati ottenuti eseguendo nell'area a terra il sondaggio sismico passivo "T1tar" ed in foro "DH1", i terreni presenti in corrispondenza dell'area in studio si collocano, ai sensi del DM 14/01/08, al limite tra le categorie C e D, presentando valori di V_{s30} compresi tra 197 m/s e 193 m/s.

Di converso, dati acquisiti tramite numerose prove SPT in foro ed i valori di Cu, fanno collocare i terreni alla categoria sismica "D".

In conclusione, ai sensi del DM 14/01/08, dal combinato disposto tra i risultati di quest'ultime metodologie dirette ed indirette, si consiglia di

eseguire i calcoli considerando che i terreni marini ed alluvionali appartengono alla categoria sismica "D" ovvero "Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori ai 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{S,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt,30}$ < 15 nei terreni a grana grossa e $C_{u,30}$ < 70kPa nei terreni a grana fina)."

8. PROVE DI LABORATORIO

Nell'ambito della campagna di indagini sono stati prelevati n. 48 campioni indisturbati, contenuti in fustelle metalliche ermeticamente sigillate tramite paraffina e nastro adesivo.

Sui campioni descritti sono state effettuate le analisi e le prove di laboratorio necessarie per definirne sia i parametri fisici che quelli meccanici.

Nello specifico sono state svolte le seguenti prove:

- Apertura e descrizione;
- Descrizione macroscopica del campione;
- Determinazione del contenuto d'acqua naturale per essiccamento in stufa;
- Determinazione del Peso dell'Unità di Volume mediante fustella tarata di diametro pari a 38 mm;
- Determinazione del peso specifico dei grani;
- Determinazione dei limiti di consistenza (di liquidità, plasticità) sul passante allo staccio 40 della serie ASTM (Ø=0.42 mm);
- Determinazione della composizione granulometrica mediante stacciatura per via umida del terreno trattenuto allo staccio n° 200 della serie ASTM (Ø=0,075 mm) per il passante è stata eseguita la determinazione tramite il metodo del densimetro;
- Prova di taglio diretto del tipo consolidata drenata (CD).
- Prova di compressione edometrica (CE) a dilatazione laterale impedita ed a incremento di carico controllato;
- Prova di rigonfiamento in cella edometrica;

- Prova edometrica a carico variabile in cella edometrica.
- Prova di compressione triassiale consolidata non drenata (CU);
- Prova di compressione triassiale consolidata e drenata (CD).
- Prova di compressione triassiale non consolidata non drenata (UU).

La determinazione del contenuto d'acqua (Wn) é stata realizzata secondo una media effettuata su tre prove, sottoponendo una quantità nota del campione ad essiccamento in stufa a 105°.
La normativa di riferimento é la ASTM D-2216 e CNR-UNI 10008.

Il Peso di Volume (γ) é stato calcolato mediante una fustella di acciaio a volume noto, secondo una media effettuata su tre prove. La normativa di riferimento é la BS 1377: 1990

Il peso specifico é stato calcolato sulla porzione di terra passante al setaccio ASTM N° 200 La normativa di riferimento é la BS 1377-90. La normativa di riferimento é la ASTM D 854-06.

I limiti di consistenza (Atterberg) sono stati determinati in accordo alla normativa CNR-UNI 10014 ed alla ASTM D 4318-84.

Il limite di liquidità è stato calcolato mediante la coppa di Casagrande sulla sola frazione di terra passante al setaccio ASTM N° 40 (Ø=0.42 mm); il metodo utilizzato é quello dell'interpolazione dei tre punti.

Il limite di plasticità è stato determinato tramite la manipolazione dello stesso materiale utilizzato per la determinazione del limite di liquidità, sino a quando, creando dei tronchini aventi diametro di 3 mm, questi si screpolavano o rompevano.

L'analisi granulometrica é stata realizzata tramite vagliatura meccanica per la porzione di terra avente granulometria di dimensione superiore a

0.075 mm, invece per il materiale avente diametro inferiore viene riservata l'analisi per sedimentazione con il metodo del densimetro. La serie di setacci utilizzata è ASTM D 422 ed UNI 8520. Per il materiale fine è stata eseguita una procedura per via umida secondo la normativa ASTM D 2217 - Metodo A, seguendo le indicazioni di Bowles (1978).

La prova di taglio è stata realizzata con l'apparecchio di Casagrande su tre provini quadrati aventi altezza di 2 cm e diametro di 6 cm; la fase di consolidazione si é protratta per 24 h sino al raggiungimento della consolidazione secondaria. La velocità di rottura é stata scelta tenendo conto del tempo di consolidazione del materiale di prova; sono stati analizzati i tempi relativi al 50% ed al 100% della consolidazione, valori che hanno permesso di risalire alla velocità necessaria per raggiungere la rottura utilizzando le formule proposte da Bowles (1970), Ladd (1971) e Gibson ed Henkel (1954). I carichi applicati durante la fase di consolidazione sono stati compresi tra circa 100 e circa 500 KN/m^2 (= tra circa 1 e 5 Kg/cm^2). La normativa di riferimento é la ASTM D 3080-72.

La prova edometrica CE é stata realizzata su un provino cilindrico avente altezza pari a 2 cm e diametro di 5 cm. I carichi sono stati applicati eseguendo nove gradini di carico e quattro di scarico protratti per un numero massimo di 24 ore, fino alla pressione massima di circa 3137 KN/m^2 (= 32 Kg/cm^2). I dati ottenuti sono stati riportati in diagrammi Cedimenti (Δl/lo) / log Tempo (T); Indice dei vuoti (e)/log Pressione effettiva (V). La normativa di riferimento é la ASTM D-2435.

La prova di permeabilità è stata eseguita a carico variabile all'interno della cella edometrica. Su provini aventi altezza pari a 2 cm e diametro di 5 cm. La prova è stata eseguita dopo aver consolidato il

provino secondo il carico litotastico a cui era sottoposto. La prova è stata eseguita tramite l'uso di una buretta graduata riempita con acqua distillata in modo tale da rag-giungere un carico idraulico iniziale di circa 50 cm. Successivamente si è proceduto con una serie di misure fino a quando le letture raggiungevano valori costanti. Le misure del K sono state effettuate nell'arco delle 24 h a tempi crescenti. La normativa di riferimento é la ASTM D 2435-80, D 4186-82, D 4546-85.

La prova di rigonfiamento consiste nel misurare la pressione necessaria a contrastare l'aumento di volume di un provino contenuto in una cella edometrica quando viene immerso in acqua. L'esperimento viene effettuato come una prova edometrica standard nella quale vengono applicati dei gradini di carico crescenti dell'ordine di 12,75 KN/m^2 (=0.125 Kg/cm^2). L'esperienza termina nel momento in cui l'ultimo gradino di carico determina un cedimento irrevers-ibile. Le dimensioni del provino sono le seguenti: Diametro = 5 cm, Altezza = 2 cm.

La prova di compressione triassiale CIU è stata eseguita su provini cilindrici di diametro 3.8 cm ed altezza 7.6 cm. La velocità di deformazione é stata posta pari a 0.05 mm/min. I provini sono stati preliminarmente saturati, mediante applicazione di gradini alternati di pressione in cella e di back pressure, sino ad un ottenimento del valore del parametro B di Skempton prossimo a 1. I gradini di saturazioni sono stati effettuati applicando una back pressure inizialmente di 50 KPa e successivamente step di pressione incrementati di 100 KPa. Una volta raggiunta la saturazione i provini sono stati sottoposti a consolidazione utilizzando pressioni di cella comprese tra 400 KPa e 600 KPa. I risultati delle prove sono stati diagrammati in grafici $(V_1 - V_3)/H$ e W. In quest'ultimo

grafico sono riportati i cerchi di Mohr riferiti sia alle tensioni totali che a quelle effettive. La normativa di riferimento é la (ASTM D 4767-04; UNI CEN ISO/TS 17892-9:2005).

La prova di compressione triassiale CID è stata eseguita su provini cilindrici di diametro 3.8 cm ed altezza 7.6 cm. La velocità di deformazione é stata posta pari a 0.002 mm/min. I provini sono stati preliminarmente saturati, mediante applicazione di gradini alternati di pressione in cella e di back pressure, sino ad un ottenimento del valore del parametro B di Skempton di almeno 0.95. I gradini di saturazione sono stati effettuati applicando una back pressure inizialmente di 50 KPa e successivamente di 100 KPa. Una volta raggiunta la saturazione i provini sono stati sottoposti a consolidazione utilizzando pressioni di cella comprese 300 KPa e 800 KPa. I risultati delle prove sono stati diagrammati in grafici $V_1 - V_3)/H$ e W. La normativa di riferimento é la UNI CEN ISO/TS 17892- 9:2005.

La prova di compressione triassiale UU è stata eseguita su provini cilindrici di diametro 3.8 cm ed altezza 7.6 cm. La velocità di deformazione é stata posta pari a 0.5 mm/min. Durante la fase di compressione i provini sono stati sottoposti a pressioni di cella comprese 100 e 300 KPa. I risultati delle prove sono stati diagrammati in grafici $V_1 - V_3)/H$ e W. In quest'ultimo grafico sono riportati i cerchi di Mohr in termini di pressioni totali. La normativa di riferimento é la ASTM D-4767 – ASTM D 2850-87.

Di seguito sono allegati, gli elaborati delle prove eseguite dal laboratorio GEOCIMA s.n.c. di Palermo per il presente progetto e per lo studio eseguito nell'area a terra (Area industriale S.P.E.R.O.).

9. CARATTERIZZAZIONE FISICO-MECCANICA DEI TERRENI

Da quanto desumibile dai rilievi geologici e dalle indagini geognostiche e geotecniche eseguite ed in nostro possesso, i terreni che saranno direttamente interessati dalle opere di fondazione delle strutture sono dall'alto verso il basso: a) Depositi marini; b) Depositi alluvionali; c) Argille grigio-azzurre (Pliocene medio-sup.).

Ne descriviamo singolarmente le caratteristiche litologiche e meccaniche così come desumibili dai dati ricavati durante le prove geotecniche in situ (Prove SPT) ed in laboratorio (Geocima s.a.s.), eseguite per il presente studio e per lo studio realizzato nell'area a terra, come visibile dagli elaborati allegati.

a) DEPOSITI MARINI E PALUSTRI: si tratta di depositi marini costituiti da sabbie fini debolmente limose, limi sabbiosi, limi debolmente sabbiosi, limi, con intercalati livelli alluvionali sabbiosi. Si presentano di colore nerastro e grigio scuro, saturi, plastici e poco consistenti. Le prove geotecniche in situ e di laboratorio eseguite su questi terreni mostrano delle pessime caratteristiche fisico-meccaniche. I parametri fisico-meccanici ritrovati tramite le indagini sono riassunti nella tabella seguente. Detti depositi costituiscono uno spessore variabile tra 21.8 e 34.7 m nella zona interessata dalle opere di colmata, mentre uno spessore 36 e 52 m nella zona dove verrà realizzato il molo. Vista l'estensione dell'area e l'eterogeneità dei depositi, si consiglia di utilizzare i seguenti parametri fisico-meccanici:

sabbie e sabbie limose: ϕ' = 23 gradi; c' = 7 KN/mq; γ = 18 KN/mc; Cu= 42 KN/mq;

limi sabbiosi: M= 22 gradi; c' = 12 KN/mq; J= 17 KN/mc; Cu= 26 KN/mq;

limi e limi debolmente sabbiosi: M= 20 gradi; c' = 10 KN/mq; J= 16 KN/mc; Cu = 20 KN/mq;

b) DEPOSITI ALLUVIONALI (Sabbie e ghiaie): si tratta di depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi con inclusi ciottoli arrotondati di natura calcarea di dimensioni delle ghiaie. Si trovano alla base dei depositi marini con spessori che variano tra 3 e 15 m e sono localizzati prevalentemente lungo l'area interessatata dalla realizzazione del molo. Nella zona interessata dalle opere di colmata è presente un livello di spessore massimo pari a 50 cm di calcareniti da tenere a cementate. Per quanto riguarda le caratteristiche fisico-meccaniche, si può dire che i parametri desunti dalle prove eseguite su questi terreni, possono essere assunti, pari a: M= 30 gradi; c' = 0.0 KN/mq; J= 19 KN/mc.

c) ARGILLE: sono "rocce pseudocoerenti", costituite da argille di colore da nocciola a grigio azzurro, da poco consistenti a mediamente consistenti, a struttura omogenea. Si presentano alterate per uno spessore variabile tra 1 e 6 m nella zona interessata dalle opere di colmata. Per quanto riguarda le caratteristiche fisico-meccaniche, si può dire che i parametri desunti dalle prove eseguite su questi terreni possono essere assunti pari a: M= 17 gradi; c' = 10 KN/mq; J= 17 KN/mc; Cu = 79 KN/mq.

.

10. CONCLUSIONI

Da quanto detto precedentemente in ordine alle caratteristiche geologiche, sedimentologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e tecniche del sito si evince che:

- dall'analisi dei dati acquisiti ed in nostro possesso, possiamo dire che l'area è caratterizzata dalla presenza dei litotipi riferibili ai depositi marini di spessore variabile tra 21 e 52 m che poggiano sul substrato argilloso pliocenico;
- si tratta di depositi granulometricamente riferibili ai limi di colore nerastro, sciolti, plastici e talora inconsistenti, caratterizzati dalla presenza di abbondante sostanza organica in decomposizione;
- lungo l'area interessatata dalla realizzazione del molo si trovano alla base dei depositi marini con spessori che variano tra 3 e 15 m;
- l'area in studio si presenta stabile in relazione alla favorevole giacitura dei terreni presenti, nonché alla mancanza assoluta di agenti geodinamici che possano in futuro turbare il presente equilibrio.
- quanto detto prima è confermato dal Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall'A.R.T.A. (Servizio 4 "Assetto del Territorio e Difesa del suolo") nell'anno 2005 che esclude tale area da qualunque fenomeno di dissesto e di rischio;
- nel particolare della risposta sismica locale, visto che non è possibile eseguire indagini di tipo indiretto sotto il livello del mare, per definire le velocità delle onde sismiche Vs per uno spessore pari a 30 mt dal p.c., come previsto dalla normativ vigente, è stata indicata, a vantaggio della sicurezza ed in funzione dei risultati di indagini

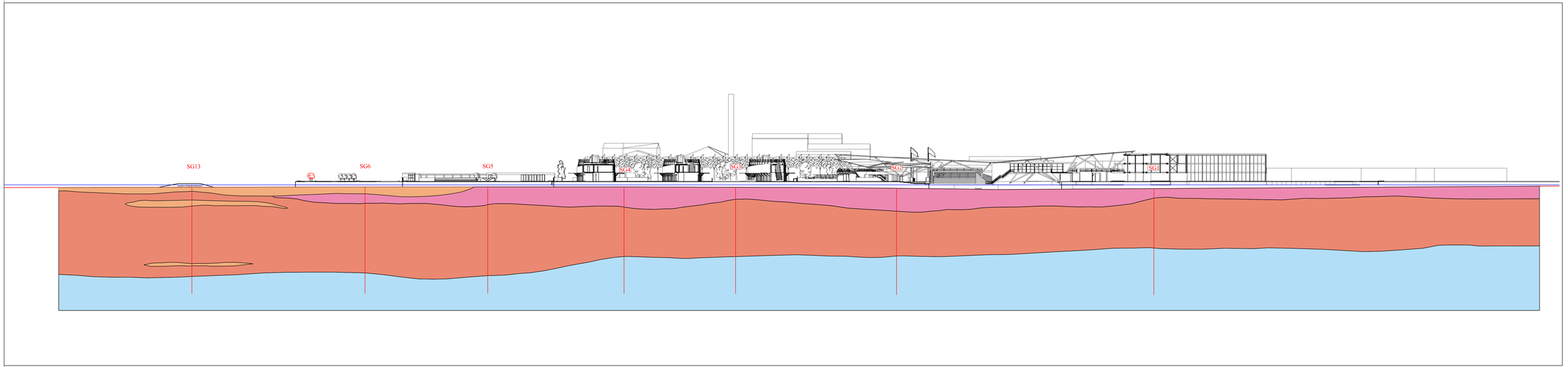
eseguite in aree limitrofe, la categoria di suolo D ovvero "Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m. caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s";

- non vi sono lineazioni tettoniche che interessano il sito di progetto;
- per quanto riguarda l'aspetto sedimentologico, sulla scorta dei dati in nostro possesso, possiamo dire che i processi sedimentologici all'interno della baia del Porto Grande di Siracusa sono governati prevalentemente dagli afflussi idrici di materiale solido trasportato dal sistema F. Anapo-Ciane-Mammaiabica che sfociando all'interno della baia impone alle correnti marine un flusso prevalente in direzione Nord-NordEst depositando la componente grossolana dei sedimenti fluviali, prevalentemente ghiaie e sabbie grossolane, nelle immediate prossimità della foce, mentre la componente più fina, prevalentemente sabbie fini, limi sabbiosi e limi a distanze via via crescenti con il diminuire delle dimensioni delle particelle;
- le correnti marine rimescolano solo parzialmente i sedimenti, che mantengono una disposizione planimetrica a ventaglio con asse decentrato verso l'abitato di Siracusa;
- questa particolare situazione morfologica determina il fatto che il nostro sito, vista la notevole distanza dalla foce e considerato che si trova lungo l'asse tra la foce del Fiume Anapo ed Ortigia, sia caratterizzato da depositi prevalentemente fini con spessori notevoli che raggiungono anche i 50 mt;

- siamo, quindi, in un ambiente sedimentologico caratterizzato da basso dinamismo;
- in questo senso i modesti impluvi che hanno recapito all'interno della baia non hanno influenza particolare sulla dinamica sedimentologica del sito sia per le modeste portate idriche, sia per il modesto trasporto solido ad essi riconducibile;
- da un punto di vista mineralogico i sedimenti presenti nel sito sono prevalentemente di natura carbonatica nella frazione grossolana e sabbiosa, mentre la frazione fina è data da minerali lateritici ed argillosi e da una notevole quantità di sostanza organica in fase di avanzata decomposizione;
- nulla osta da un punto di vista geologico purchè il progettista tenga conto della particolare situazione geologica e litotecnica;
- si consiglia la presenza del geologo in cantiere durante l'esecuzione delle opere per la verifica delle ipotesi geologiche su indicate.

SEZIONE GEOLOGICA AA

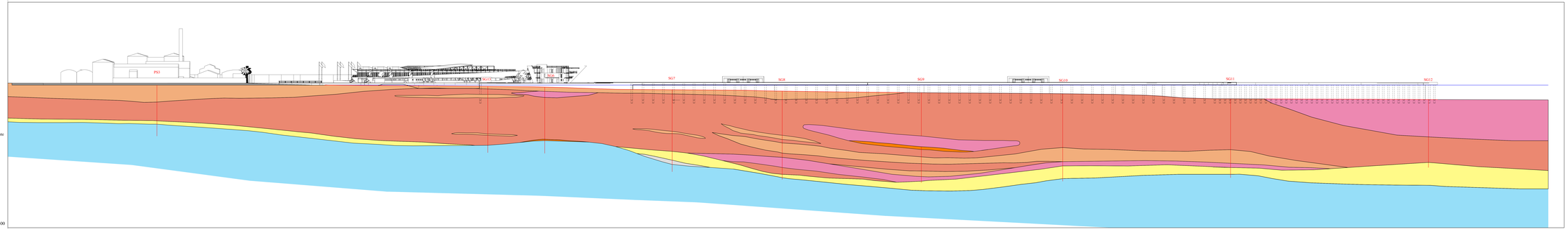
- Sabbie e sabbie limose
- Limi sabbiosi
- Limi e limi debolmente sabbiosi
- Argille
- SG1 — Sondaggio geognostico a carotaggio continuo eseguito per il presente studio
- Sezione di progetto
- Livello del mare
- Stato di fatto



Scala1/500

SEZIONE GEOLOGICA BB

- Terreno di riporto
- Sabbie e sabbie limose
- Limi sabbiosi
- Limi e limi debolmente sabbiosi
- Calcareniti
- Sabbie e ghiaie
- Argille
- SG11 — Sondaggio geognostico a carotaggio continuo eseguito per il presente studio
- PS3 — Proiezione sondaggio geognostico a carotaggio continuo eseguito nell'area a terra (ex area industriale SPERO)
- Sezione di progetto
- Livello del mare
- Stato di fatto



Scala1:500